

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра лесных культур и мелиораций

М.А. Маевская
А.В. Горяева

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕЛИОРАЦИИ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов очной формы обучения.

Направление 6562 «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство».
Специальности 250201 «Лесное хозяйство», 250203 «Садово-парковое и
ландшафтное строительство», 250100 «Лесное дело»

Екатеринбург
2010

Печатается по рекомендации методической комиссии ЛХФ.
Протокол № 1 от 30 сентября 2008 г.

Рецензент: канд.с.-х. наук, доцент кафедры лесных культур и мелиораций
В.Н. Денеко

Редактор Л.Д. Черных
Оператор Г.И. Романова

Подписано в печать 25.05.10		Поз. 60
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 120 экз.
Заказ №	Печ. л. 2,56	Цена 13 руб. 24 коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с программой курса «Гидротехнические мелиорации лесных земель» для лучшего его усвоения и овладения практическими приемами решений задач гидролесомелиорации студенты знакомятся с принципами расчета осушительных систем и водоемов.

Для успешного проектирования необходимо свободно владеть следующей базовой терминологией.

Водосборная площадь	Плотина
Лесистость	Гребень плотины
Заболоченность	Основание плотины
Озерность	Высота плотины
Водораздел	Площадь зеркала пруда
Тип заболачивания	Топографическая характеристика пруда
Плотность торфа	Батиграфические кривые
Горизонталь	Водохозяйственный расчет пруда
Осушительная сеть	Полезный объем
Осушительная система	Мертвый объем
Обеспеченность	Объем потерь
Сток	Форсировочный объем
Модуль стока	Испарение
Модульный коэффициент	Фильтрация
Коэффициент вариации	Льдообразование
Коэффициент асимметрии	Заиление
Расход воды	Нормальный подпорный горизонт
Проектная глубина канала	Горизонт высоких вод
Установившаяся глубина канала	Противофильтрационное устройство
Коэффициент откоса	Ядро
Площадь живого сечения	Экран
Смоченный периметр	Замок
Гидравлический радиус	Зуб
Ширина канала по дну	Шпунтовый ряд
Ширина канала по верху	Понур
Расчетный горизонт воды в канале	Дренаж
Берма канала	Кривая депрессии
Бровка канала	Водосбросный канал
Кавальер	Водослив
Уклон дна	Водоспуск
Гидрологический режим	
Половодье	
Паводок	
Межень	

Раздел ОСУШЕНИЕ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ПЛАНЕ

Размещение осушительной системы на плане

Осушение лесных земель проводится преимущественно сетью открытых самотечных каналов. Осушительная система состоит из следующих элементов (рис. 1, 2, 3):

- а) регулирующая сеть (осушители, тальвеговые каналы, борозды);
 - б) проводящая сеть (транспортирующие собиратели, магистральные каналы);
 - в) ограждающая сеть (нагорные, ловчие каналы);
 - г) водоприемники (реки, крупные ручьи, озера);
 - д) гидротехнические сооружения на регулирующей, проводящей и ограждающей сети;
 - е) дорожная сеть с транспортными устройствами;
 - ж) противопожарные и природоохранные устройства (биотехнические мероприятия);
- з) осушаемые земли.

Расположение открытой осушительной сети в плане определяется:

- а) типом леса, характером почв и подстилающих грунтов;
- б) типом и интенсивностью водного питания;
- в) рельефом и конфигурацией осушаемого участка;
- г) дорогами, квартальными просеками, расположением сооружений.

Порядок проектирования мелиоративной сети следующий:

- анализируют рельеф участка осушения и намечают расположение основных элементов системы с учетом максимального использования тальвеговых понижений и существующих водотоков;
- увязывают плановое положение каналов с дорогами и просеками;
- составляют продольные профили на каналы;
- проводят гидрологические и гидравлические расчеты;
- подбирают типовые гидротехнические сооружения, транспортные, противопожарные и природоохранные устройства;
- намечают производство гидrolесомелиоративной системы и рассчитывают смету затрат.

Каналы регулирующей сети (см. рис. 1, 2). При проектировании их планового положения необходимо руководствоваться следующими положениями:

- а) трассы регулирующей сети, по возможности, должны быть проложены вблизи существующих просек и дорог;

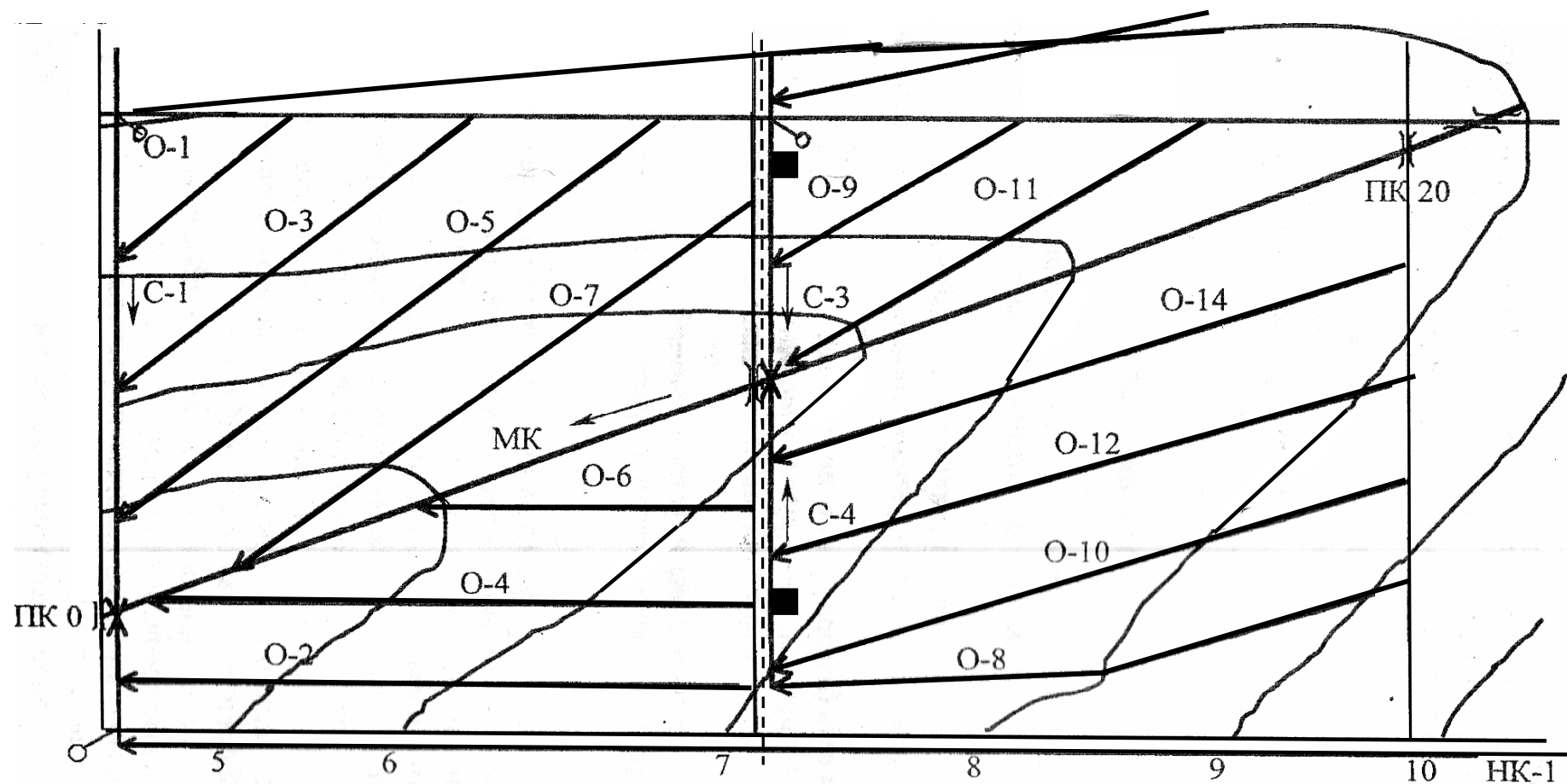


Рис. 1. Расположение осушительной системы на плане: МК – магистральный канал, С – транспортирующий собиратель, О – осушитель, НК – нагорный канал, ∇ – труба-переезд, ---- – дорога, \parallel – мост; ■ – противопожарный водоем

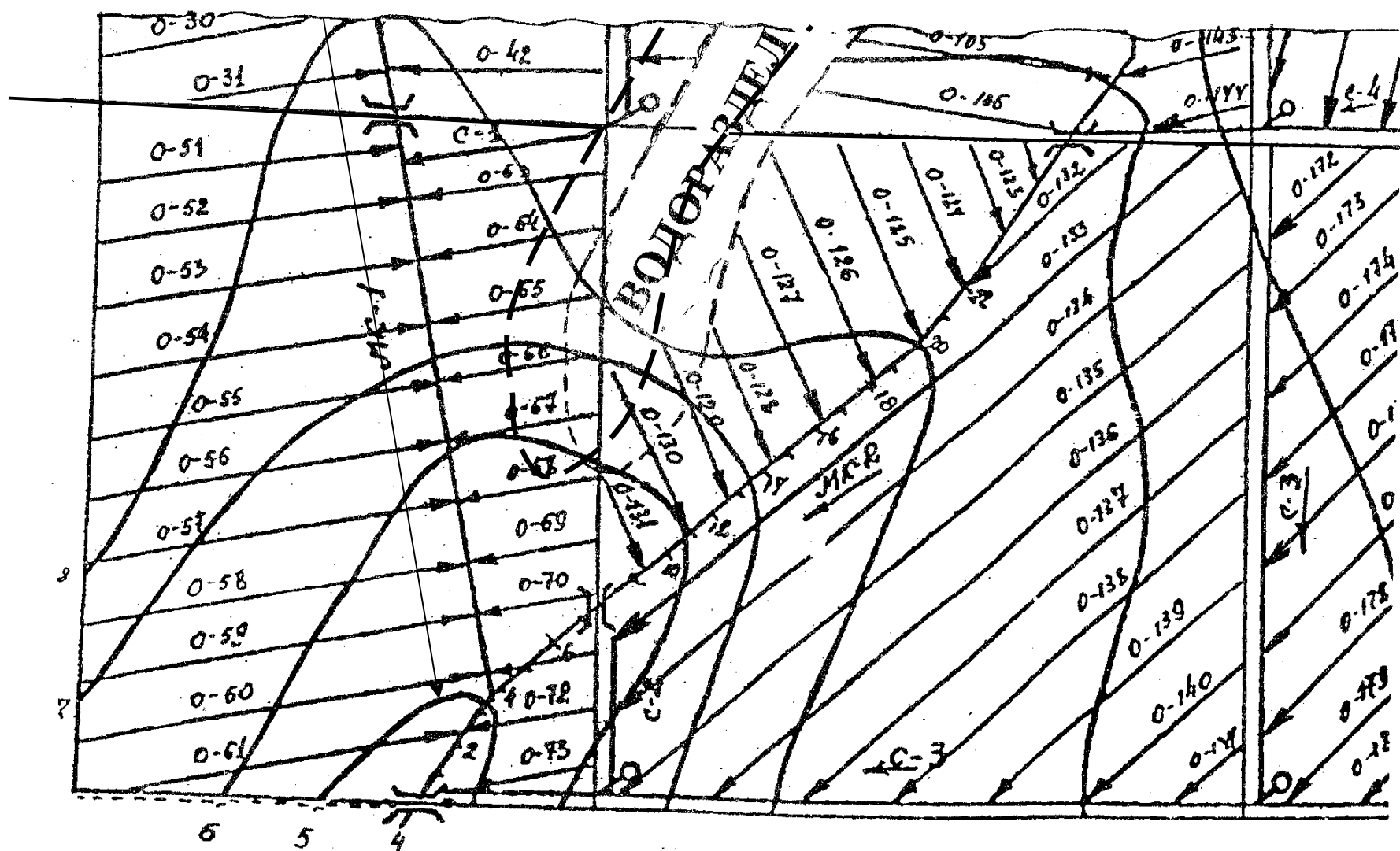


Рис. 2. Расположение осушительной системы на плане: МК – магистральный канал, С – транспортирующий собиратель, О – осушитель, НК – нагорный канал, ∇ – труба-переезд, ---- – дорога, \equiv – мост

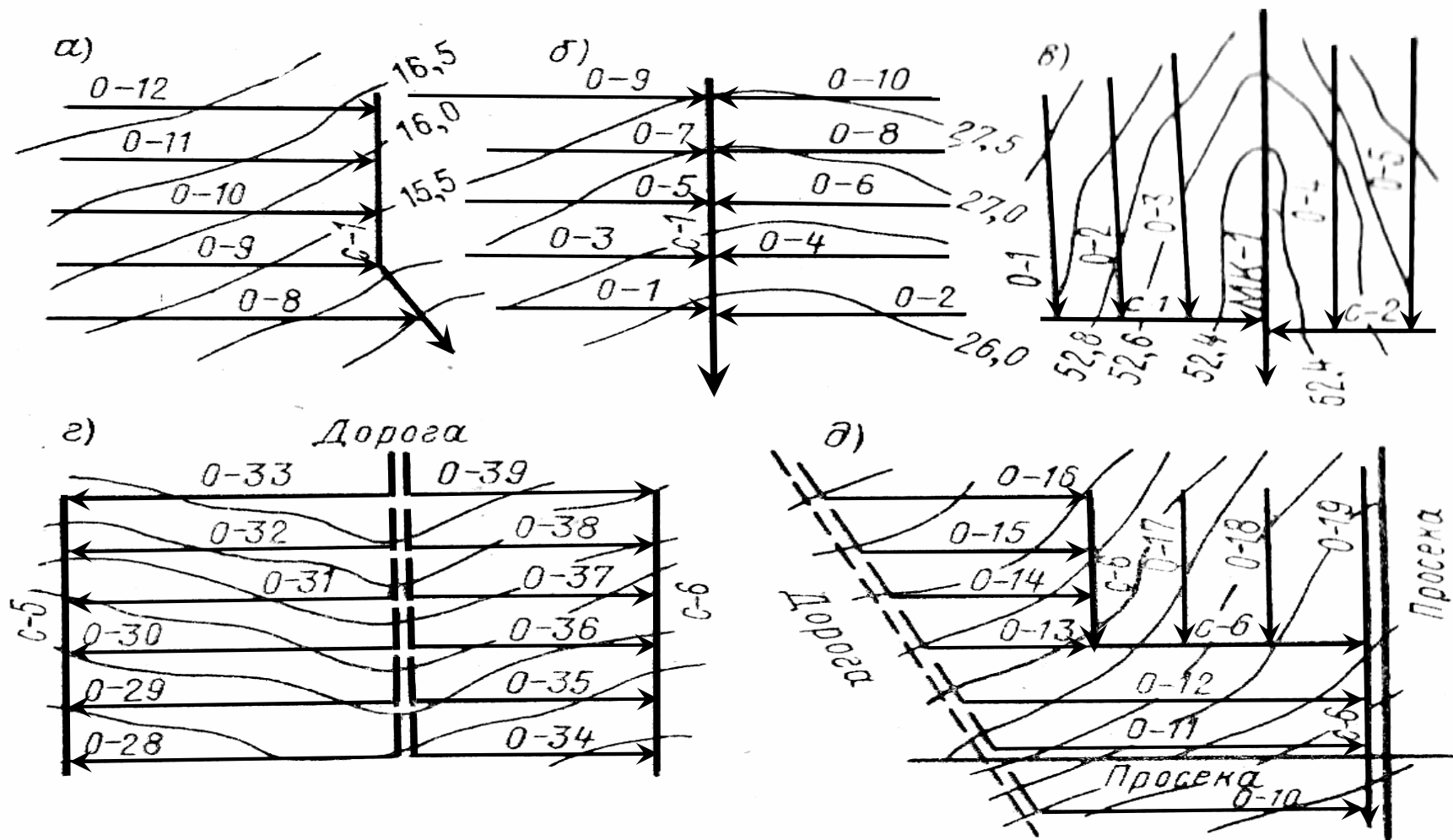


Рис. 3. Основные варианты расположения осушительной сети в зависимости от рельефа: МК – магистральный канал, С – транспортирующий собиратель, О – осушитель

б) расположение регулирующей сети должно обеспечить поступление в каналы избыточных вод в наибольшем количестве и по кратчайшему пути. Для наиболее полного перехвата поверхностных и грунтовых вод каналы регулирующей сети должны быть расположены под острым углом к горизонталям рельефа или гидроизогипсам. В последнем случае регулирующая сеть перехватывает и поток грунтовых вод;

в) сопряжение каналов регулирующей сети с собирателями в плане проводится под углом $60 - 90^\circ$;

г) следует стремиться проектировать двухстороннее впадение регулирующей сети в проводящие каналы;

д) тальвеговые каналы должны располагаться по самым низким местам - по ложбинам, лощинам, низинам;

е) каналы регулирующей сети должны быть параллельны между собой, а длина их, как правило, составляет от 500 до 1500 м в зависимости от условий рельефа, расстояний между собирателями. Минимальная длина осушителей может быть в отдельных случаях равна 200 – 300 м.

Во всех случаях следует стремиться проектировать осушители в пределах квартала (чтобы они не пересекали квартальные просеки).

Каналы проводящей сети должны обеспечивать удаление избытка воды с осушаемых участков без затопления их в вегетационный период и пропускать расчетные расходы воды ниже бровок берега.

При проектировании проводящих каналов следует руководствоваться следующими основными положениями:

а) проводящую сеть необходимо располагать по самым низким отметкам поверхности земли с наибольшими глубинами торфа;

б) каналы следует проектировать так, чтобы глубина торфа увеличивалась к устью;

в) проводящая сеть должна обеспечивать сброс воды с территории участка по кратчайшему пути, иметь прямолинейное размещение с возможно меньшим количеством пересечений с дорогами, коммуникациями, линиями связи и электропередач;

г) на участках без лощин и тальвеговых понижений проводящая сеть проектируется в зависимости от удобства размещения в плане регулирующей сети;

д) сопряжение собирателей с магистральными каналами рекомендуется проводить под углом не более $60 - 80^\circ$ или проектировать закругления радиусом $> 10B$ (B – ширина канала по верху);

е) углы поворота магистрального канала должны быть тупыми (более 90^0). Сопряжение его с водоприемником проектируется под углом $45 - 60^\circ$. При большем угле проектируется закругление.

Нагорные каналы проектируются по границе осушаемого участка под острым углом к горизонталям. Для ограждения осушаемого участка от притока грунтовых или грунтово-напорных вод проектируется нагорно-ловчие, ловчие каналы.

Определение расстояния между осушителями

Расстояние между осушителями чаще всего устанавливается с учетом максимальной рентабельности системы, а в наиболее ценных лесах или парковых и лесопарковых лесах с учетом максимальной продуктивности (табл. 1). Расчет проводится на основе базового варианта для конкретного региона и участка мелиорации в соответствии с его почвенно-грунтовыми, лесорастительными и гидрологическими условиями в зависимости от планируемой конечной эффективности мелиорации.

Разберем пример.

Участок осушения расположен во Владимирской области, верховое болото с произрастающими на нем сфагновыми сосняками. Мощность слоя торфа $T_T = 2,0$ м.

При мощности слоя торфа более 1,3 м и сфагновом типе леса расстояние базового варианта, отвечающее максимальной рентабельности, при установившейся глубине $T_{уст.ос} = 1,2$ м составит 110 м. Базовое расстояние между осушителями, отвечающее максимальной производительности, составит 55 м.

Таким образом определяем для соответствующих целей базовое расстояние между осушителями. Для более точного определения расстояния между осушителями берутся поправочные коэффициенты на почвенные и климатические условия.

При мощности торфа $T_T = 2,0$ м, $T_{уст.ос} = 1,2$ м, верховом торфе поправка составит 1,11 (табл. 2).

Для Владимирской области поправочный зональный коэффициент $K_{ос} = 0,94$ (табл. 3).

Расстояние между каналами регулирующей сети составит

$$L = 110 \cdot 0,94 \cdot 1,11 = 114,77 \approx 115 \text{ м.}$$

Через такое расстояние и размещаются осушители на плане, согласуясь с его масштабом (см. рис. 1, 2, 3).

Таблица 1

Расстояние между осушителями (L, м) базового варианта
при $K_{oc} = 1,00$ $T_{уст} = 1,0$ м

Группа типов леса и лесорастительных условий	Глубина слоя торфа, м	Подстилающий почвогрунт	Расстояние, отвечающее максимальной	
			рентабельности	продуктивности
Низинный (евтрофный) тип заболачивания				
Черноольшанники болотно-травяные, осоковые и таволговые (С ₄₋₅ – Д ₄ ,)	0,3-0,6	Глины, суглинки.	175	-
		Супеси и пески мелкозернистые.	210	-
		Пески средне- и крупнозернистые	230	-
	0,6-1,0	Глины, суглинки.	190	-
		Супеси и пески мелкозернистые.	220	-
		Пески средне- и крупнозернистые	240	-
	Более 1,0	Торф	240	-
Сосняки, ельники, кедровники, лиственничники и смешанные насаждения болотно-травяные, осоково-сфагновые, (С ₄ – С ₅)	0,3-0,6	Глины, суглинки.	130	65
		Супеси и пески мелкозернистые.	145	75
		Пески средне- и крупнозернистые	160	80
	0,6-1,0	Глины, суглинки.	140	65
		Супеси и пески мелкозернистые.	145	70
		Пески средне- и крупнозернистые	150	70
	Более 1,0	Торф	150	75
Безлесные низинные болота (С ₄₋₅)	0,3-0,6	Глины, суглинки.	95	55
		Супеси и пески мелкозернистые.	105	60
		Пески средне- и крупнозернистые	115	65
	0,6-1,0	Глины, суглинки.	100	50
		Супеси и пески мелкозернистые.	105	55
		Пески средне- и крупнозернистые	110	55
	Более 1,0	Торф	110	55

Продолжение табл. 1

Группа типов леса и лесорастительных условий	Глубина слоя торфа, м	Подстилающий почвогрунт	Расстояние, отвечающее максимальной	
			рентабельности	продуктивности
Переходный (мезотрофный) тип заболачивания				
Сосняки, ельники, кедровники, лиственничники и смешанные насаждения (осоково- и травянисто-сфагновые, В ₅)	0,3-0,6	Глины, суглинки.	100	50
		Супеси и пески мелкозернистые.	110	55
		Пески средне- и крупнозернистые	120	60
	0,6-1,0	Глины, суглинки.	120	60
		Супеси и пески мелкозернистые.	125	65
		Пески средне- и крупнозернистые	130	65
	Более 1,0	Торф	120	60
Ельники, кедровники, лиственничники и смешанные насаждения (долгомошниковые, В ₄)	0,3-0,6	Глины, суглинки.	100	50
		Супеси и пески мелкозернистые.	115	55
		Пески средне- и крупнозернистые	125	60
	0,6-1,0	Глины, суглинки.	110	55
		Супеси и пески мелкозернистые.	120	60
		Пески средне- и крупнозернистые	125	65
	Более 1,0	Торф	125	65
Безлесные переходные болота (В ₅₋₆)	0,3-0,6	Глины, суглинки.	75	35
		Супеси и пески мелкозернистые.	85	40
		Пески средне- и крупнозернистые	95	45
	0,6-1,0	Глины, суглинки	90	40
		Супеси и пески мелкозернистые	95	45
		Пески средне- и крупнозернистые	95	45
	Более 1,0	Торф	90	45

Группа типов леса и лесорастительных условий	Глубина слоя торфа, м	Подстилающий почвогрунт	Расстояние, отвечающее максимальной	
			рентабельности	продуктивности
Верховой (олиготрофный) тип заболачивания				
Сосняки сфагновые (А ₅)	0,3-0,6	Глины, суглинки	80	45
		Супеси и пески мелкозернистые	100	50
		Пески средне- и крупнозернистые	110	55
	0,6-1,0	Глины, суглинки	105	50
		Супеси и пески мелкозернистые	110	55
		Пески средне- и крупнозернистые	115	55
	Более 1,0	Торф	110	55
Сосняки долгомошниковые (А ₄)	0,3-0,6	Глины, суглинки	130	70
		Супеси и пески мелкозернистые	145	80
		Пески средне- и крупнозернистые	160	85
	0,6-1,0	Глины, суглинки	80	40
		Супеси и пески мелкозернистые	85	45
		Пески средне- и крупнозернистые	85	45
	Более 1,0	Торф	80	40
Безлесные верховые болота пушицево-кустарничково-сфагновые (А ₅ – А ₆)	Более 1,0	Торф	60	30

Примечания.

1. При грунтово-напорном типе водного питания расстояние между осушителями уменьшают на 10 – 30 %.

2. При систематическом расположении осушителей расстояние между ними может меняться на ± 10 %.

Таблица 2

Поправочный коэффициент на базовое расстояние между осушителями в зависимости от грунтовых условий и установившейся глубины каналов

Т _{уст. ос}	Торф глубиной 0,3- 0,6 м подстилаемый			Торф глубиной 0,6-1,0 м подстилаемый			Торф более 1 м		
	глиной и сугл.	легким сугл. и супесью	песком	глина и сугл.	легк. сугл. и суп.	песок	низин- ный	пере- ход- ный	вер- ховой
0,3	0,35	0,44	0,48	0,12	0,13	0,15	0,14	0,13	0,12
0,4	0,46	0,53	0,58	0,25	0,26	0,27	0,27	0,26	0,25
0,5	0,56	0,62	0,68	0,37	0,39	0,41	0,41	0,40	0,39
0,6	0,65	0,70	0,76	0,60	0,52	0,50	0,55	0,54	0,53
0,7	0,75	0,79	0,84	0,65	0,66	0,66	0,67	0,66	0,65
0,8	0,84	1,87	0,90	0,77	0,78	0,78	0,78	0,77	0,76
0,9	0,92	0,94	0,96	0,89	0,90	0,91	0,91	0,90	0,88
1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,1	1,05	1,07	1,09	1,07	1,10	1,12	1,07	1,07	1,07
1,2	1,09	1,14	1,17	1,11	1,21	1,22	1,14	1,12	1,11
1,3	1,13	1,21	1,25	1,14	1,29	1,30	1,20	1,17	1,15
1,4	1,16	1,26	1,32	1,17	1,36	1,37	1,23	1,19	1,16
1,5	1,19	1,32	1,39	1,18	1,41	1,45	1,25	1,21	1,17
1,6	1,22	1,37	1,46	1,18	1,47	1,52	1,26	1,22	1,18
1,7	1,25	1,41	1,52	1,19	1,51	1,59	1,27	1,22	1,18
1,8	1,29	1,45	1,58	1,20	1,54	1,66	1,28	1,22	1,18

Таблица 3

Поправочные зональные коэффициенты К_{ос}
на базовое расстояние между осушителями

Экономический район, край, республика	К _{ос}	Экономический район, край, республика	К _{ос}
СЕВЕРНЫЙ РАЙОН		КАЛИНИНГРАДСКАЯ	
Архангельская обл.	0,68	ОБЛ.	1,09
южная часть	0,75	ЦЕНТРОАЛЬНО-	
Вологодская обл.:	0,80	ЧЕРНОЗЕМНЫЙ	
западная часть	0,85	РАЙОН	
северо-восточная часть	0,77	Воронежская обл.	1,20
Мурманская обл.	0,70	Курская обл.	1,11
Республика Карелия:	0,80	Липецкая обл.	1,13
северная часть	0,75	Тамбовская обл.	1,15
южная часть	0,85	Белгородская обл.	1,20
средняя часть	0,80		
Республика Коми	0,75		

Экономический район, край, республика	К _{ос.}	Экономический район, край, республика	К _{ос.}
СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ РАЙОН		УРАЛЬСКИЙ РАЙОН	
Ленинградская обл.	0,92	Курганская обл.	1,00
Новгородская обл.	0,90	Оренбургская обл.	1,22
Псковская обл.	1,00	Пермская край	0,81
		Свердловская обл.	0,89
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ РАЙОН		Челябинская обл.	0,97
Брянская обл.		Удмуртская Республика	0,85
Владимирская обл.	1,08	Республика Башкортостан	0,99
Ивановская обл.	0,94		
Калининская обл.	0,91	ЗАПАДНО-СИБИРСКИЙ РАЙОН	
Калужская обл.	0,92	Республика Алтай	0,83
Костромская обл.:	1,02	Кемеровская обл.	0,76
юго-западная часть	0,83	Новосибирская обл.	0,78
северо-восточная часть	0,85	Омская обл.	0,85
Московская обл.	0,80	Томская обл.	0,76
Орловская обл.	1,01	Тюменская обл.	0,74
Рязанская обл.	1,05	южная часть	0,98
Смоленская обл.	1,04		
Тульская обл.	0,99	ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ РАЙОН	
Ярославская обл.	1,03	Приморский край	0,72
	0,89	Хабаровский край	0,74
ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ РАЙОН		Амурская обл.	0,75
Красноярский край		Камчатский край	0,70
Иркутская обл.	0,73	Магаданская обл.	0,70
Читинская обл.	0,74	Сахалинская обл.	0,74
Республика Бурятия	0,71	Республика Саха (Якутия)	0,71
Республика Тыва	0,72		
ВОЛГО-ВЯТСКИЙ РАЙОН	0,71		
Нижегородская обл.	0,95		
Республика Марий Эл	0,95		
Кировская обл.	0,80		
Республика Мордовия	1,00		
Чувашская Республика	1,01		

Примечание. Коэффициенты относятся к геометрическому центру указанных республик, краев, областей; для других частей этих территорий поправочный коэффициент находится путем интерполяции.

Расчет проектной глубины каналов

Существенными морфометрическими элементами любого осушительного канала является проектная глубина ($T_{пр.}$), которую придает ему при подготовке канавокопатель или экскаватор, и установившаяся глубина ($T_{уст.}$), которую принимает канал после осадки торфа (рис. 4, 5).

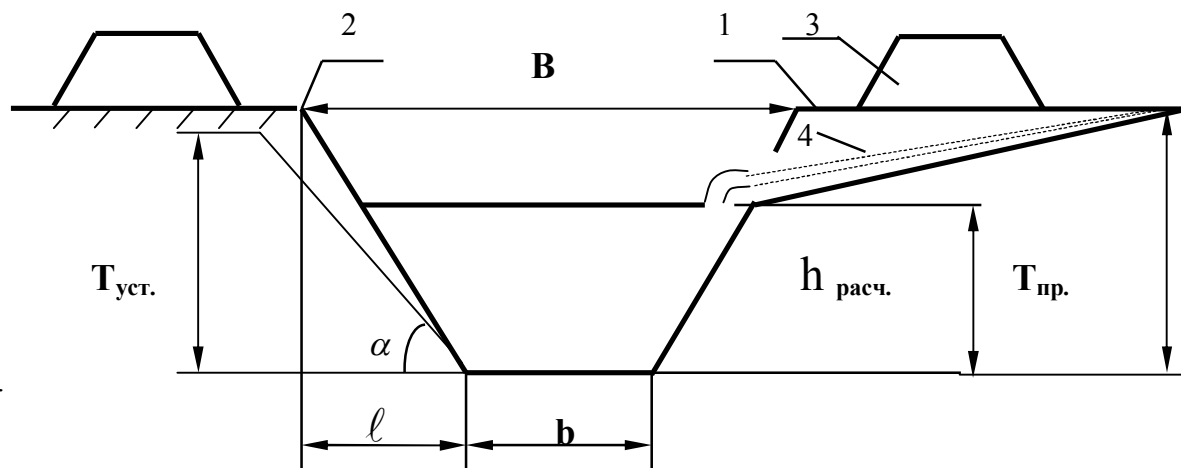


Рис. 4. Поперечный профиль канала: 1 — берма; 2 — бровка; 3 — кавальер; 4 — воронка; T — глубина канала; b — ширина по дну; B — ширина по верху; ℓ — заложение откоса; $h_{расч.}$ — горизонт воды в канале

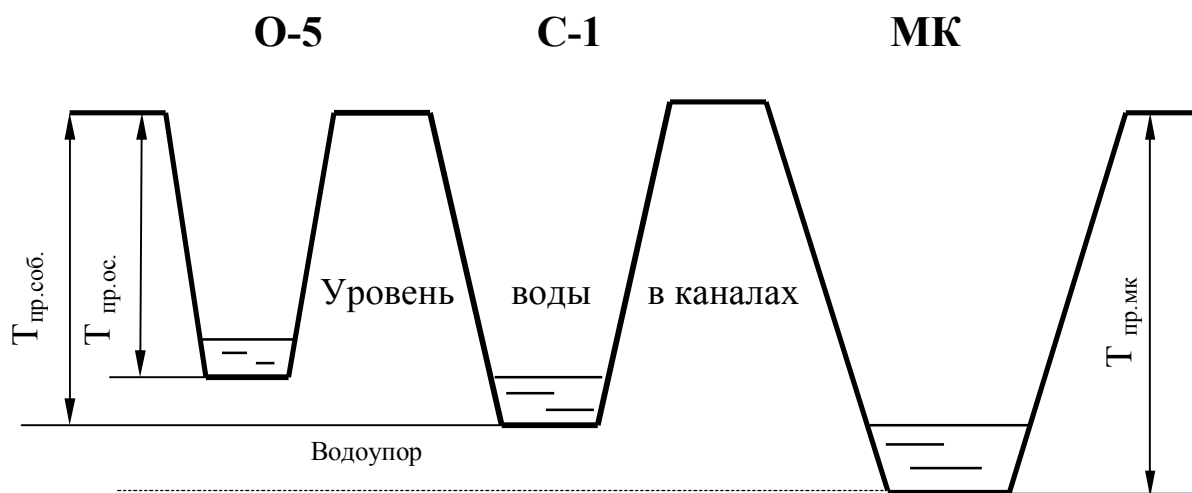


Рис. 5. Сопряжение каналов в вертикальной плоскости:
О-5 — осушитель №5; С-1 — транспортирующий собиратель №1;
МК — магистральный канал

Для того, чтобы рассчитать проектные глубины каналов, необходимо выбрать установившуюся глубину осушителя, поскольку это основные каналы, которые регулируют уровень почвенно-грунтовых вод.

Рекомендуемые значения установившейся глубины осушителей при разной первоначальной мощности торфяной залежи приведены в табл. 4. Там же *ориентировочно* указаны соответствующие значения проектной глубины осушителей.

Таблица 4

Значения установившейся и проектной глубины осушителей
(минимальные), м

Мощность торфа	Установившаяся глубина	Проектная глубина
От 0,10 до 0,50	0,8 – 0,9	0,9 – 1,0
От 0,5 до 1,3	1,0	1,2
Более 1,3	1,0 – 1,2	1,3

При расчете глубины осушителей учитывается осадка торфа, поэтому и глубина каналов проектируется больше на величину осадки.

Проектную глубину осушителей определяют по формуле

$$T_{\text{пр.ос}} = mT_{\text{уст}},$$

где m – коэффициент, зависящий от типа болота и плотности торфа (табл. 5).

Таблица 5

Показатели осадки торфа m

Тип болота	П л о т н о с т ь т о р ф а			
Низинный	1,2	1,25	1,35	1,50
Верховой	1,3	1,40	1,50	1,65
Степень разложения торфа, %	Более 35	25 – 35	15 – 25	До 15
Торф	Плотный	Менее плотный	Довольно рыхлый	Рыхлый

Определение проектной глубины осушителя выполняется одним из способов в зависимости от мощности торфа.

Пример 1. Мощность торфа равна $T_t = 2,0$ м. Глубину канала после осадки торфа принимаем $T_{\text{уст}} = 1,1$ м (а значит, весь канал располагается в торфе). Болото верхового типа. Торф плотный, $m = 1,3$.

$$T_{\text{пр.ос}} = 1,3 \cdot 1,1 = 1,43 \approx 1,4 \text{ м.}$$

Проектная глубина собирателей $T_{\text{пр.соб}}$ проектируется на 0,2 м больше $T_{\text{пр.ос}}$ в торфяных грунтах, и на 0,1 м – в минеральных.

$$T_{\text{пр.соб}} = 1,4 + 0,2 = 1,6 \text{ м.}$$

Проектная глубина магистрального канала $T_{\text{пр.мк}}$ проектируется больше $T_{\text{пр.соб}}$ на 0,3 м в торфе и на 0,2 м – в подстилающем грунте.

$$T_{\text{пр.мк}} = 1,6 + 0,3 = 1,9 \text{ м.}$$

Для дальнейших расчетов необходимо знать глубину канала после осадки торфа $T_{уст.м.к}$:

$$T_{уст.м.к} = T_{пр.м.к} / m = 1,9 / 1,3 = 1,4 \text{ м.}$$

Осадка торфа составит $Осадка = 1,9 - 1,4 = 0,5 \text{ м.}$

Пример 2. Мощность торфа равна $T_t = 0,6 \text{ м.}$ Торф низинный со степенью разложения 55 %; $m = 1,2$; $T_{уст.ос} = 1,0 \text{ м.}$

В этом случае 0,6 м глубины канала расположено в торфе и 0,4 м – в минеральном грунте. В результате осушения осадку дает только слой торфа в 0,6 м (см. рис. 4). Определим мощность слоя торфа после его осадки (T_o):

$$T_o = T_t / m = 0,6 / 1,2 = 0,5 \text{ м.}$$

т.е. осадка торфа составляет $Осадка = 0,6 - 0,5 = 0,1 \text{ м.}$

На величину осадки увеличиваем глубину канала и получаем

$$T_{пр.ос} = T_{уст.ос} + 0,1 \text{ м} = 1,0 + 0,1 = 1,1 \text{ м.}$$

Таким образом, часть канала 0,6 м расположится в торфе и оставшая часть 0,5 м – в минеральном грунте.

Определяем проектную глубину каналов проводящей сети:

$$T_{пр.соб} = T_{пр.ос} + 0,1 = 1,1 + 0,1 = 1,2 \text{ м;}$$

$$T_{пр.м.к} = T_{пр.соб} + 0,2 = 1,2 + 0,2 = 1,4 \text{ м;}$$

$$T_{уст.м.к} = T_{пр.м.к} - Осадка = 1,4 - 0,1 = 1,3 \text{ м.}$$

Построение продольного профиля магистрального канала

Для построения профиля надо знать проектную глубину канала, допустимые уклоны дна (для проводящей сети от 0,0003 до 0,005) и отметки поверхности по оси канала.

Строится продольный профиль по горизонталям плана на миллиметровой бумаге в масштабе: горизонтальный – 1:10000, вертикальный – 1:100.

В нижней части листа размещается панель (подзор) профиля из восьми горизонтальных граф, шириной 1,0 см каждая (рис. 6). Название граф помещается слева.

1. Отметки поверхности по оси канала вычисляют по отметкам горизонталей. Для этого на плане по оси канала разбивают пикеты через 100 м, начиная от устья (см. рис. 1, 2). По отметкам горизонталей вычисляют отметки поверхности на каждом пикете с точностью до 0,01 м. Отметки пикетов, расположенных между горизонталями, вычисляют интерполяцией.

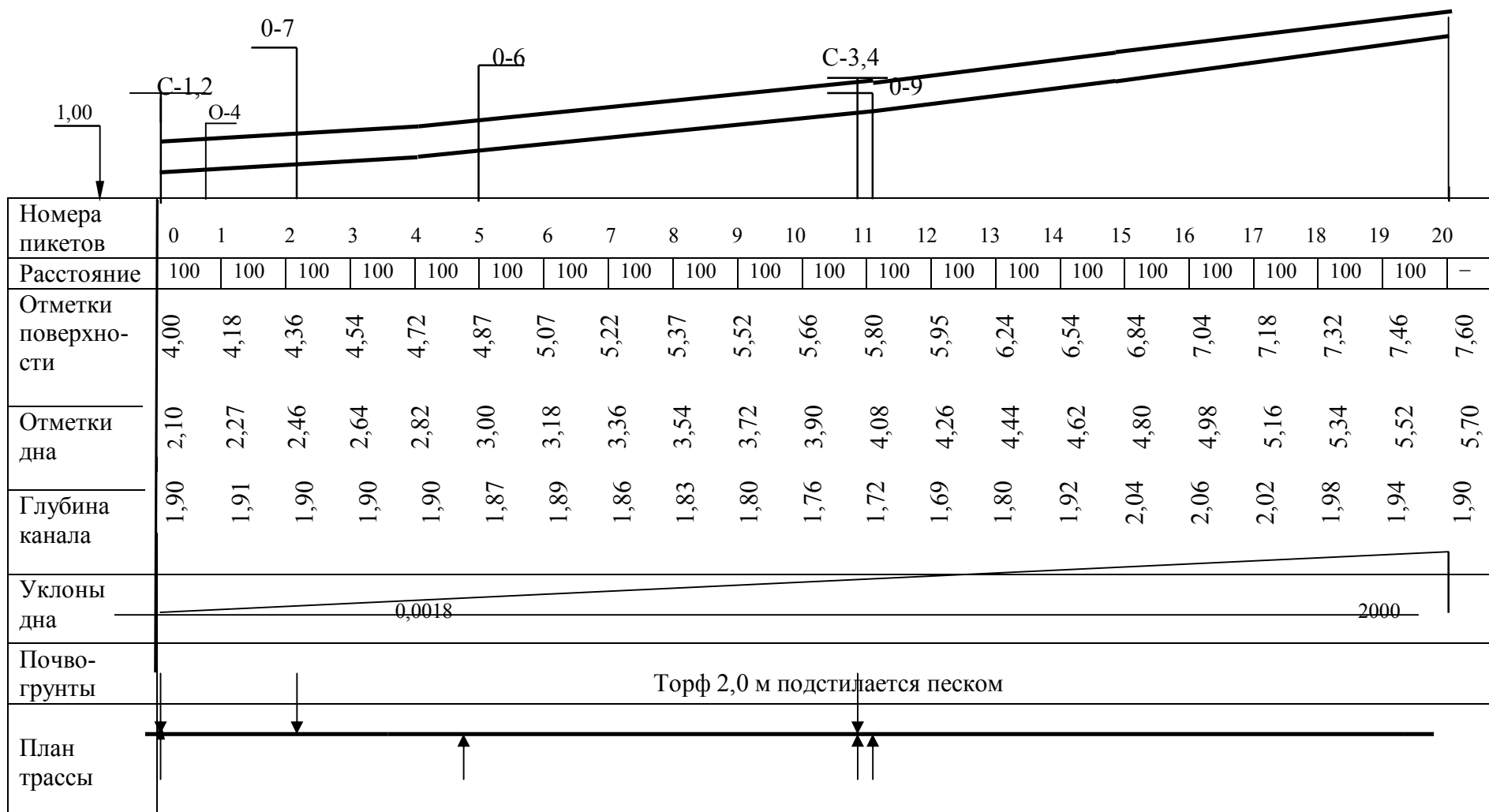


Рис. 6. Продольный профиль МК.
Масштабы: вертикальный 1:100; горизонтальный 1:10000

Вычисленные отметки поверхности на каждом пикете, записывают в графу 3. Отметки поверхности откладывают в выбранном масштабе вверх от верхней графы (линии). Причем отметку этой линии принимают условно так, чтобы ординаты профиля имели высоту 6 – 12 см. Когда отложены отметки всех пикетов, полученные линии соединяют прямыми линиями, образуя профиль поверхности по оси канала.

2. После этого проектируют дно канала. Оно, по возможности, должно иметь по всей длине одинаковый уклон. В то же время важно, чтобы глубина на отдельных пикетах как можно меньше (на $\pm 0,3$ м) отличалась от проектной глубины.

Наиболее простой способ проектирования дна, когда уклоны поверхности по оси канала более или менее одинаковы и находятся в пределах допустимых уклонов дна. В этом случае вниз от линии поверхности откладывают проектную глубину в устье (ПК0) и вверх (на последнем пикете) канала, полученные точки соединяют прямой линией и определяют уклон дна.

Если профиль поверхности по оси канавы резко изменяется по длине, то приходится разбивать его на несколько частей, и для каждой выделенной части дно проектируется отдельно, т.е. с разными уклонами.

3. После проведения линии дна вычисляют отметки, а уклоны дна записываются в соответствующие графы. Отметки определяют с точностью до 0,01 м, уклоны – до двух значащих цифр. Отметки дна на крайних пикетах определяют, вычитая из отметок поверхности глубину канала. На остальных пикетах отметки дна вычисляются. Для этого уклон дна умножают на расстояние между пикетами, и полученное превышение прибавляют к отметке предыдущего пикета.

4. По разности отметок поверхности земли и дна находится глубина канала на каждом пикете.

При очень больших уклонах поверхности земли по оси канала проектируют перепады в виде наклонных лотков (уступов) высотой до 1 м или быстротоки в виде наклонных лотков с уклоном 0,1. Перепады и быстротоки укрепляются плетнем, жердями, досками и др.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Задачей гидрологических расчетов является определение расчетных и поверочных расходов воды для мелиоративных каналов и сооружений. По расчетным расходам воды определяются размеры поперечных сечений водоприемников, каналов и сооружений при допустимой глубине их наполнения водой в зависимости от условий работы.

По поверочным расходам воды определяется устойчивость русел каналов против размыва и заиления; возможности затопления территории, сооружений и др.

При проектировании лесосушительных мероприятий гидрологические расчеты проводятся для следующих периодов стока:

- а) весеннего половодья;
- б) летне-осенних паводков;
- в) меженного периода.

На расходы весеннего половодья рассчитываются каналы в лесах паркового значения, проверяется устойчивость русел любых каналов против размыва, рассчитываются искусственные сооружения на водоприемниках и сети.

По расходам летне-осенних паводков определяются размеры каналов в зеленых зонах городов, в лесах хозяйственного значения и труб-переездов на дорогах, пересекающих осушители.

По меженным (бытовым) расходам рассчитываются бытовые глубины наполнения каналов и минимальные скорости течения воды в них, исключаящие заиление и зарастание каналов.

Размеры осушительных каналов на лесных землях устанавливаются в расчете на сброс летне-осенних паводков 25 % обеспеченности.

Рассмотрим на конкретном примере порядок, в котором целесообразно вести гидрологические расчеты при проектировании осушительных систем.

Допустим, нужно запроектировать осушительную сеть для участка леса, расположенного во Владимирской области, с площадью водосбора $F = 200 \text{ км}^2$. Лесистость водосбора $f_{\text{л}} = 60 \%$, заболоченность $f_{\text{б}} = 6 \%$, озерность $f_{\text{оз}} = 8 \%$ (при $f_{\text{оз}} < 4 \%$ влияние озер на сток не учитывается).

Модуль летне-паводкового стока

Среднемноголетнее значение модуля летне-паводкового стока $\bar{q}_{\text{лп}}$, $\text{м}^3/\text{с км}^2$ определяется по формуле Д. Л. Соколовского:

$$\bar{q}_{\text{л.п.в.}} = \frac{B_{25\%}}{\sqrt{F}} \delta \delta_1 \delta_2 \delta_3, \quad (1)$$

где F - площадь водосбора, км^2 ;

$B_{25\%}$ - районный параметр, величина которого для лесной и лесостепной зоны европейской части России следующая:

Обеспеченность, %	50	10	2-3	1
Параметр B	2-4	4-6	8-10	12

δ - коэффициент учета аккумуляции стока озерами и болотами, определяемый по формуле

$$\delta = 1 - 0,6 \lg (1 + f_{\text{оз}} + 0,2 f_{\text{б}}), \quad (2)$$

δ_1 – коэффициент, отражающий аккумулирующую роль проницаемых лесных почв, определяемый по формуле

$$\delta = 1 - \gamma \lg (1 + f_{\text{л}}) , \quad (3)$$

где $\gamma = 0,35$;

δ_2 – коэффициент учета рельефа, равный для водосборов с плоским рельефом $0,5 - 0,6$;

δ_3 – коэффициент учета влияния формы бассейна (принимается равным $0,7$).

Например:

$$\delta = 1 - 0,6 \lg (1 + 8 + 0,2 \cdot 6) = 1 - 0,6 \cdot 1,086 = 0,395;$$

$$\delta_1 = 1 - 0,35 \cdot \lg (1 + 60) = 1 - 0,35 \cdot 1,785 = 0,375;$$

$$\delta_2 = 0,5;$$

$$\delta_3 = 0,7;$$

$$B_{25\%} = 3,25 - 4,5;$$

$$\bar{q}_{\text{л.п.}} = \frac{4,5}{\sqrt{200}} \cdot 0,395 \cdot 0,375 \cdot 0,5 \cdot 0,7 = 0,016 \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2 .$$

Модуль стока $P\%$ обеспеченности определяется по формуле

$$q_{\text{л.п.р}\%} = K_{\text{р}\%} \bar{q}_{\text{л.п.}} \quad (4)$$

Для расчета модульного коэффициента 25% -й обеспеченности $K_{25\%}$ необходимо располагать численными значениями коэффициента вариации C_v и коэффициента асимметрии годового стока C_s .

Коэффициент вариации C_v зависит от зонального расположения области осушения (табл. 6). При определении дождевых максимумов стока обычно принимают

$$C_s = 4C_v .$$

Значение модульного коэффициента $K_{\text{р}\%}$ в общем случае устанавливается по формуле

$$K_{\text{р}\%} = \Phi_{\text{р}\%} C_v + 1, \quad (5)$$

где $\Phi_{\text{р}\%}$ – отклонение ординаты кривой обеспеченности от середины для соответствующего коэффициента C_s .

Эти отклонения пропорциональны C_s и при осушении лесных земель рассчитываются на 25% -ю обеспеченность (табл. 7).

Таблица 6

Значение коэффициента C_v для некоторых районов страны

Города, области	C_v
Киров, Березняки, Пермь, Чебоксары, Ижевск	0,25
Архангельск, Сыктывкар, Вологда, Калинин, Тула, Ярославль, Орел, Кострома, Иваново, Кемерово	0,30
Москва, Тамбов, Курск, Владимир	0,35
Нижний Новгород, Рязань, Гомель, Пенза, Казань, Уфа, Томск, Екатеринбург	0,40
Иваново, Свердловская обл., Самара,	0,50
Тюмень	0,55
Оренбург, Саратов	0,60
Челябинск	0,70

Таблица 7

Таблица отклонений ординат кривой обеспеченности Пирсона III типа от середины $C_v = 1$ (по Фостеру-Рыбкину) $\Phi_p \%$

C_s	Обеспеченность, %							
	1	3	5	10	25	50	75	99
0,5	2,68	2,08	1,77	1,32	0,62	-0,08	-0,71	-1,96
0,6	2,75	2,12	1,80	1,33	0,61	-0,10	-0,72	-1,88
0,7	2,82	2,15	1,82	1,33	0,59	-0,12	-0,72	-1,81
0,8	2,89	2,18	1,84	1,34	0,58	-0,13	-0,73	-1,74
0,9	2,96	2,22	1,86	1,34	0,57	-0,15	-0,73	-1,66
1,0	3,02	2,25	1,88	1,34	0,55	-0,16	-0,73	-1,59
1,1	3,09	2,28	1,89	1,34	0,54	-0,18	-0,74	-1,52
1,2	3,15	2,31	1,91	1,24	0,52	-0,19	-0,74	-1,45
1,3	3,21	2,34	1,92	1,34	0,51	-0,21	-0,74	-1,38
1,4	3,27	2,37	1,94	1,34	0,49	-0,22	-0,73	-1,32
1,5	3,33	2,39	1,95	1,33	0,47	-0,24	-0,73	-1,26
1,6	3,39	2,42	1,96	1,33	0,46	-0,25	-0,73	-1,20
1,7	3,44	2,44	1,97	1,32	0,44	-0,27	-0,72	-1,14
1,8	3,50	2,46	1,98	1,32	0,42	-0,28	-0,72	-1,09
1,9	3,55	2,49	1,99	1,31	0,40	-0,29	-0,72	-1,04
2,0	3,60	2,51	2,00	1,30	0,39	-0,31	-0,71	-0,99

$$\begin{aligned}
&\text{Итак, } C_v = 0,35; \\
&C_s = 4C_v = 0,35 \cdot 4 = 1,40; \\
&\Phi_{25\%} = 0,49; \\
&K_{25\%} = 0,49 \cdot 0,35 + 1 = 1,172; \\
&q_{\text{л.п.}25\%} = q_{\text{л.п.}} K_{25\%} = 0,016 \cdot 1,17 = 0,019 \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{км}^2.
\end{aligned}$$

Расчетный расход летне-паводковых вод будет равен

$$Q_{\text{л.п.} 25\%} = q_{\text{л.п.} 25\%} \cdot F = 0,019 \cdot 200 = 3,8 \text{ м}^3/\text{с}.$$

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Гидравлические расчеты выполняются для определения размеров поперечных сечений каналов, проверки их устойчивости против размыва и заиления, для определения горизонтов воды в каналах разного порядка.

Для выполнения гидравлического расчета любого канала должны быть заранее установлены:

- расчетные расходы воды (принимаются на основе гидрологических расчетов);
- форма поперечного сечения канала (с соответствующими коэффициентами откосов);
- уклоны его дна согласно продольному профилю;
- расчетное положение горизонта воды в канале h_p относительно его бровок.

Коэффициенты откосов

Проектирование поперечного профиля каналов мелиоративной сети предполагает обоснование формы и размеров поперечного сечения. Для каналов регулирующей, а также проводящей и оградительной сети (не рассчитываемых гидравлически) принимается трапецеидальная форма сечения. Крутизну заложения откосов m выражают отношением горизонтальной проекции откоса l к его вертикальной проекции T (см. рис. 4).

$$m = Ctg\alpha = \frac{l}{T}, \quad (6)$$

где l – заложение откоса, м;

T – глубина канала, м.

Коэффициенты устойчивых откосов выбираются в зависимости от типа грунта и категории каналов.

Принимаем коэффициент откоса для магистрального канала $m = 1,00$.

Определение ширины канала по дну

В лесах хозяйственного значения при расчете каналов на пропуск расходов летних паводков глубина наполнения каналов h_p принимается на 0,2 – 0,4 м меньше их установившихся глубин.

Для нашего примера

$$h_{p.m.k} = T_{уст.мк} - 0,2 = 1,4 - 0,2 = 1,2 \text{ м.}$$

Суть гидравлического расчета состоит в подборе поперечного сечения канала, обеспечивающего безопасный пропуск заданного расчетного расхода. В связи с тем, что глубина канала является в данном случае заданной, подбирается необходимая ширина канала.

Необходимо установить предельное расчетное значение расходной характеристики канала $K_{Q \text{ расч}}$

$$K_{Q \text{ расч}} = \frac{Q_{л.п.25\%}}{\sqrt{i}}. \quad (7)$$

В частности, для нашего примера $Q_{л.п.25\%} = 3,8 \text{ м}^3/\text{с}$, уклон $i = 0,0018$ (берется на продольном профиле для ПК0):

$$K_{Q \text{ расч}} = \frac{3,8}{\sqrt{0,0018}} = 90 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для определения ширины канала по дну b строится график зависимости расходной характеристики $K_{Q \text{ расч.}}$ от ширины канала по дну b . Для этого вычисляются и в специальной таблице (табл. 8) фиксируются значения χ , R , C и K_Q , соответствующие ряду произвольно выбранных значений b .

В основе расчета – уравнение равномерного движения жидкости:

$$Q = \omega C \sqrt{R i}, \quad (8)$$

где $Q = Q_{л.п.25\%}$ – расчетный расход;

$$\omega = (b + m h_p) h_p, \quad (9)$$

ω – площадь живого сечения потока в канале, м^2 ;

m – коэффициент заложения откоса;

C – скоростной коэффициент формулы Шези, определяется по формуле акад. Н.Н. Павловского (приблизленно берется по табл. 9);

n – коэффициент шероховатости (для свежевырытых каналов берется в пределах 0,025 – 0,030);

R – гидравлический радиус потока воды в канале, м;

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \quad (10)$$

χ – смоченный периметр канала, м;

$$\chi = b + 2 h_p \sqrt{1 + m^2}, \quad (11)$$

Таблица 8

Расчет ширины канала по дну при $h_p = 1,2$ м; $m = 1,00$; $n = 0,030$

b, м	0	1,0	2,0
χ, м	3,38	4,38	5,38
ω, м²	1,44	2,64	3,84
R, м	0,43	0,60	0,71
C	26,5	29,2	30,5
K_Q, м³/с	25,02	59,71	98,69

Таблица 9

Значение коэффициента C по формуле академика Н.Н Павловского

R, м	n			
	0,025	0,030	0,035	0,040
0,20	26,9	21,3	17,4	14,5
0,22	27,6	21,9	17,9	15,0
0,24	28,3	22,5	18,5	15,5
0,26	28,8	23,0	18,9	16,0
0,28	29,4	23,5	19,4	16,4
0,30	29,9	24,0	19,9	16,8
0,35	31,1	25,1	20,9	17,8
0,40	32,2	26,0	21,8	18,6
0,45	33,1	26,9	22,6	19,4
0,50	34,4	27,8	23,4	20,1
0,55	34,8	28,5	24,0	20,7
0,60	35,5	29,2	24,7	21,3
0,65	36,2	29,8	25,3	21,9
0,70	36,9	30,4	25,8	22,4
0,75	37,5	30,9	26,35	22,9
0,80	38,0	31,5	26,8	23,4
0,85	38,4	31,8	27,15	23,8
0,90	38,9	32,2	27,6	24,1
0,95	39,5	32,75	28,1	24,6
1,00	40,0	33,3	28,6	25,0
1,10	40,9	34,1	29,3	25,7
1,20	41,6	34,8	30,0	26,3

Примечание. Промежуточные значения скоростного коэффициента находятся интерполяцией.

Согласно графику $K_Q = f(b)$ (рис. 7) магистральный канал на нулевом пикете, где расходная характеристика канала $K_{Q\text{расч}} = 90$ м³/с, должен иметь ширину по дну **b**, при котором расходная характеристика канала K_Q превысит значение $K_{Q\text{расч}}$:

$$K_Q = \omega C \sqrt{R}. \quad (12)$$

Может оказаться, что уже при $b = 0$, K_Q будет больше $K_{Q\text{расч}}$ то есть – канал треугольного сечения. Учитывая, что мелиоративным каналам треугольную форму поперечного сечения не придают, следует в таких случаях принимать минимальную стандартную ширину по дну магистрального канала, равную 0,5 м.

В рассматриваемом примере ширина магистрального канала по дну составила 1,8 м.

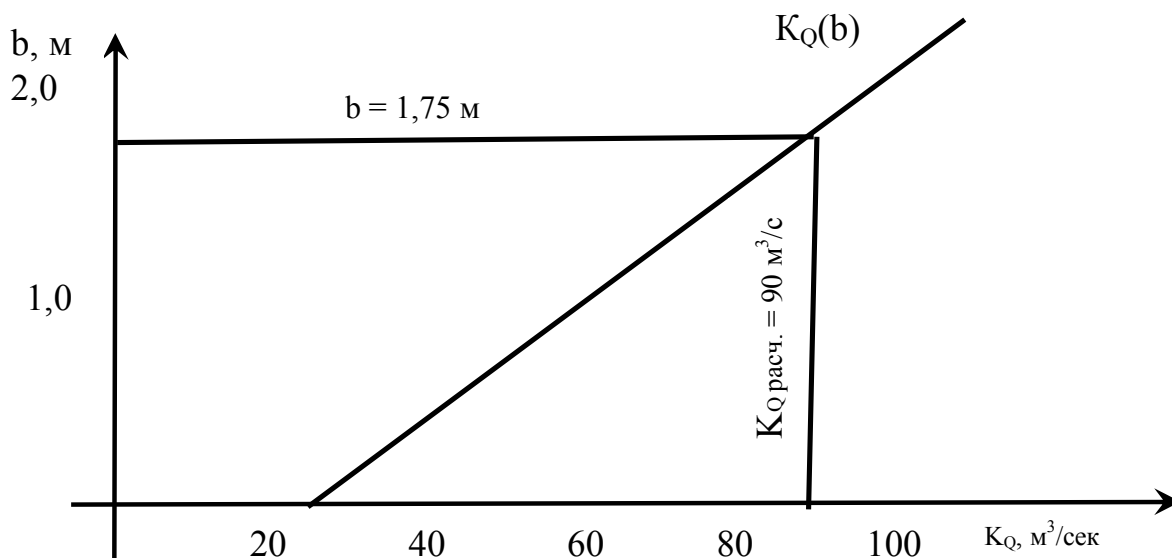


Рис. 7. График зависимости расходной характеристики канала K_Q от ширины по дну b : $K_{Q\text{расч}} = 90 \text{ м}^3/\text{с}$; $b = 1,75 \approx 1,80 \text{ м}$

Поперечный профиль магистрального канала

После окончания расчетов должен быть выполнен поперечный профиль рассчитанного магистрального канала с указанием всех элементов канала, включая и условное изображение сточных воронок (см. рис. 4). Ширина канала по верху определяется по формуле

$$B = b + 2 m T_{\text{пр}}. \quad (13)$$

Поперечный профиль выполняется в масштабе 1:50.

Раздел ОБВОДНЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ

Немаловажным мероприятием является и проектирование водоисточников, в том числе плотинных и копанных прудов. Пруды проектируются недалеко от места потребления воды, а из санитарных соображений – выше населенного пункта с учетом топографических и гидрографических условий и экономических требований.

При выборе места необходимо изучить ложе будущего пруда, которое должно отвечать следующим условиям:

- 1) пруд должен иметь достаточную для его заполнения водой водосборную площадь;
- 2) продольный уклон балки в зоне пруда должен быть около 0,007, так как при большем уклоне требуется устройство более высокой плотины;
- 3) крутизна берегов будущего пруда должна быть $30 - 50^\circ$. При более высоких значениях крутизны откоса возможно разрушение берегов, а при меньших значениях образуется обширная зона мелководья, благоприятная для зарастания и развития малярийных комаров;
- 4) для уменьшения потерь на фильтрацию воды ложе пруда должно состоять из маловодопроницаемых грунтов (глины, суглинки).

Основные требования к земляной плотине сводятся к следующему:

- 1) для уменьшения объема земляных работ плотину располагают в наиболее узкой части балки (рис. 8);
- 2) продольная ось плотины должна быть перпендикулярна горизонталям склона;
- 3) выше плотины не должно быть действующих оврагов или они должны быть закреплены.

После того, как место под пруд выбрано, проводят изыскания. В первую очередь исследуют грунты на такую глубину, чтобы захватить 1,5 – 2-метровый водонепроницаемый слой. Для этого устраивают скважины на дне и берегах балки и роют шурфы: не менее 3 по оси будущей плотины, 2 – 3 по оси водослива и 8 – 12 на дне и берегах балки под будущим прудом. По шурфам определяют строение и род почвогрунтов, устанавливают механический состав и водопроницаемость отдельных слоев.

Если в результате исследований будет установлено, что почвогрунты позволяют создать в данном месте пруд, то проводят теодолитную съемку и нивелировку балки. По дну балки прокладывают нивелир-теодолитный ход, с разбивкой пикетов. Через 50 – 100 м, а также на поворотах. Через 50 – 100 м от главного хода разбивают поперечники, на которых также разбивают пикеты через 10 – 50 м в зависимости от рельефа. Нивелировкой захватывают полосу длиной 100 м ниже оси плотины. Главный нивелирный ход заканчивают на берегах балки на 200 м выше предполагаемого зеркала пруда, а поперечники заканчивают на берегах балки на 2 – 3 м выше (по высоте) предполагаемого уровня воды.

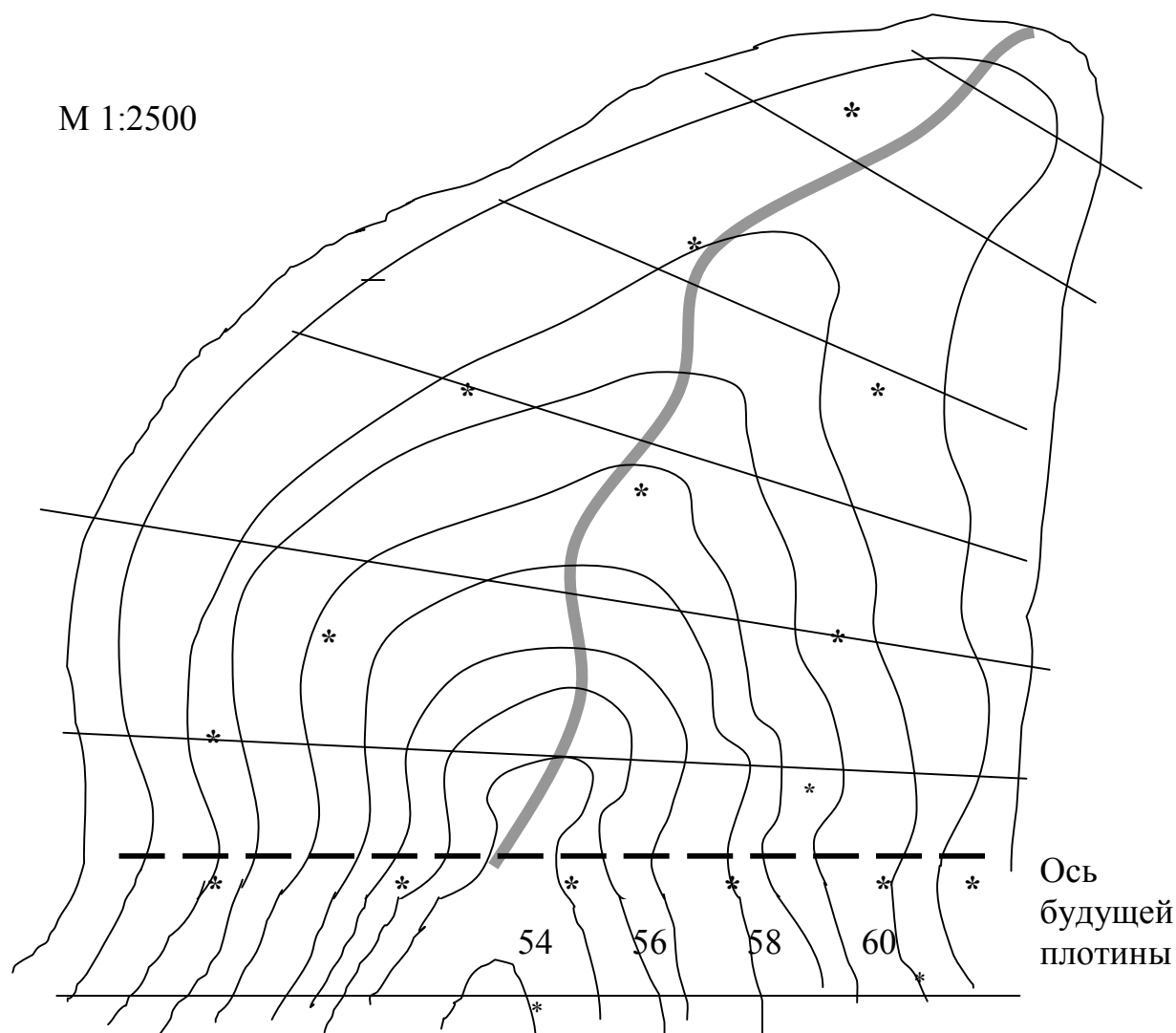


Рис. 8. План участка: * – места закладки шурфов;
 ————— — нивелирные ходы

Отдельный ход прокладывают по оси водослива с установкой пикетов через 10 – 20 м и разбивкой поперечников от них длиной 10 м в каждую сторону. На всех линиях проводят двойную нивелировку. Привязка осуществляется минимум к одному реперу, расположенному вблизи плотины.

После этого определяют величину водосборной площади (по карте и в натуре), уточняют площади затопления и подтопления, намечают места для карьеров, выбирают тип плотины и вид водосбросного сооружения, уточняют расчетные модули стока, выявляют древесные породы для посадок вокруг пруда, тип крепления откосов.

По материалам изысканий составляют проект пруда и плотины.

Расчет объема воды в пруду

На плане с горизонталями (рис. 8) намечается расположение оси плотины. Место для плотины выбирают по возможности в суженной части балки, чтобы емкость образующегося пруда была возможно больше, а зеркало пруда во избежание лишних потерь на испарение возможно меньше.

С помощью планиметра (или другим способом) на плане участка в горизонталях вычисляют площадь зеркала пруда. Вычисления проводят для каждой горизонтали плана от намеченной оси плотины вверх по тальвегу. Объем чаши ниже нижней горизонтали определяется по формуле

$$V_{54} = 1/3 S_{54}H, \quad (14)$$

где H – вертикальное расстояние от дна тальвега у плотины до нижней горизонтали (отметка дна пруда у плотины находится интерполяцией, например, 0,4 м);

S_{54} – площадь зеркала, ограниченная нижней горизонталью (54-й).

Остальной объем чаши водохранилища вычисляют, складывая объемы между каждой парой соседних горизонталей. Для этого находят среднюю площадь соседних горизонталей и умножают на вертикальное расстояние между ними, то есть, если горизонтали расположены через 1 м, то и расстояние между ними равно 1 м.

$$V_{54-55} = S_{cp\ 54-55}H. \quad (15)$$

Полученные результаты сводятся в табл. 10.

Таблица 10

Определение объемов воды в пруду

Отметки горизонталей	Площадь, ограниченная горизонталью, м ²	Средняя площадь, м ²	Толщина слоя воды, м	Объем воды между плоскостями 2 смежных горизонталей, м ³	Объем воды, соответствующий отметке данной горизонтали, м ³
1	2	3	4	5	6
54	5439		0,4	725	725
55	9875	7657	1	7657	8382
56	14101	11988	1	11988	20370
57	26210	20155	1	20155	40525
58	34689	30649	1	30649	71174
59	46764	40727	1	40727	111901
60	70225	58494	1	58494	170395
61	80869	75547	1	75547	245942

Топографическая характеристика пруда

По данным табл. 10 строят кривые, характеризующие зависимость объема пруда и площади зеркала воды с отметками горизонталей. Совмещенные на одном графике батиграфические кривые называются топографической характеристикой пруда (рис. 9).

Для построения топографической характеристики по вертикальной оси графика (оси ординат) откладывают отметки горизонталей в масштабе (например, 1:50, 1:100), а по горизонтальной (оси абсцисс) – площади (по данным колонки 2) и объемы (по данным колонки 6) в произвольном масштабе.

Водохозяйственный расчет пруда

Водохозяйственный расчет пруда включает в себя расчет характерных объемов воды: полезного объема, мертвого, объема потерь, резервного объема.

1. Полезный объем пруда ($V_{\text{полезн}}$) включает количество воды, которое идет на удовлетворение нужд водоснабжения населенного пункта ($V_{\text{быт}}$), орошение питомников ($V_{\text{орош}}$), для противопожарных целей ($V_{\text{пож}}$) и называется **полезной водоотдачей пруда**.

$$V_{\text{полезн}} = V_{\text{орош}} + V_{\text{пож}} + V_{\text{быт}} \text{ м}^3. \quad (16)$$

Например, если пруд проектируется для орошения и пожаротушения, то в этом случае

$$V_{\text{полезн}} = V_{\text{орош}} + V_{\text{пож}} = 22000 + 7500 = 29500 \text{ м}^3.$$

2. Мертвый объем. Величину мертвого объема пруда определяют:

1) по количеству наносов, поступающих в пруд с водосборной площади; по санитарным нормам в целях уменьшения прогрева воды в летнее время и снижения процессов разложения и гниения растительных и животных остатков в пруду постоянно должно быть не менее 0,5 – 1,0 м воды;

2) по минимальной толщине слоя воды в пруду при рыборазведении (при разведении зеркального карпа и линя слой воды в пруду должен быть не менее 0,5 м). Так как дно пруда наклонно, то толщина мертвого слоя в наиболее глубоком месте у плотины должна быть 2 – 3,5 м;

3) по глубине промерзания воды (0,5 – 1,5 м): дно пруда не должно промерзать, так как в нем образуются трещины, вызывающие утечку воды.

При предварительном расчете мертвый объем ($V_{\text{мо}}$) принимается равным 15 % от полезного объема:

$$V_{\text{мо}} = 0,15 V_{\text{полезн}} = 0,15 \cdot 29500 = 4425 \text{ м}^3.$$

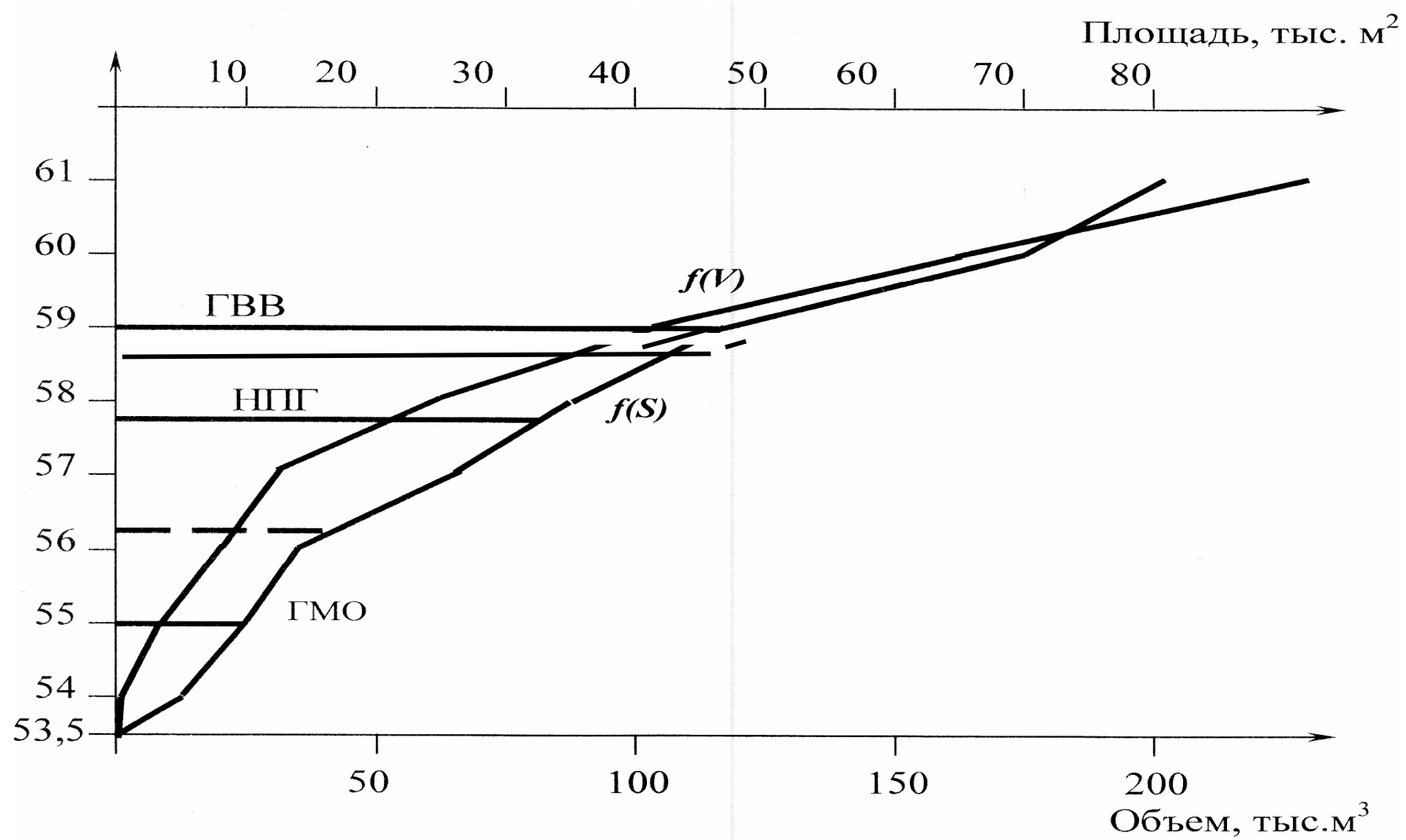


Рис. 9. Топографическая характеристика пруда

Рассчитанную величину мертвого объема откладывают на топографической характеристике по кривой объемов и определяют глубину воды, соответствующую предварительно рассчитанному мертвому объему.

Если глубина воды составит не менее, например, 1,5 м (глубина мертвого уровня устанавливается с учетом санитарных требований и целей проектирования пруда), то мертвый объем оставляют вычисленной величиной.

Если же глубина меньше принятого уровня, то горизонт мертвого объема устанавливается на уровне 1,5 – 2,0 м. На топографической характеристике указывают уточненную отметку горизонта мертвого объема (ГМО) и определяют величину мертвого объема:

$$V_{mo} = 8382 \text{ м}^3.$$

Сумма мертвого и полезного объемов составит промежуточную величину – расчетный объем

$$V_{расч} = 8382 + 29500 = 37882 \text{ м}^3.$$

Расчетный объем откладывают на топографической характеристике и определяют по батиграфической кривой площадь зеркала воды на горизонте мертвого объема и уровне рассчитанного объема для дальнейших расчетов.

$$S_{zmo} = 9875 \text{ м}^2; \quad S_{расч} = 15000 \text{ м}^2.$$

3. Объем потерь.

Потери воды из пруда определяют для того, чтобы установить, сколько воды можно взять из него для полезного потребления. Вода, накопленная в пруду, не может быть полностью использована для полезных целей, так как часть ее теряется, поэтому при определении объема потерь учитываются потери на испарение, фильтрацию, заиливание и льдообразование:

$$V_{потерь} = V_{исп} + V_{ф} + V_{з} + V_{льд}. \quad (17)$$

Потери воды на испарение ($V_{исп}$) с водной поверхности (испаряемость) зависят от температуры воды и воздуха, влажности воздуха и скорости ветра. Слой потерь на испарение можно определить по специальным картам или по формуле

$$V_{исп} = \Pi_{исп} \frac{S_{zmo} + S_{no}}{2}, \quad (18)$$

где $\Pi_{исп}$ – слой воды на испарение определяется по карте изолиний испарения (Б.Д.Зайкова) или принимается для лесной зоны 0,4 – 0,5 м, лесостепной – 0,6, степной – 0,7 – 0,8 м.

S_{zmo} – площадь зеркала воды на горизонте мертвого объема, м^2 ;

S_{no} – площадь зеркала воды на горизонте полезного объема, м^2 .

$$V_{исп} = 0,5 \frac{15000}{2} = 3750 \text{ м}^3.$$

Потери на испарение при облесении территории вокруг пруда сокращаются на 15 – 20 % вследствие снижения скорости ветра и повышения влажности воздуха в зоне пруда.

Потери на фильтрацию (V_{ϕ}) рассчитывают по формуле (18), подставляя вместо слоя воды на испарение ($\Pi_{\text{исп}}$) величину слоя воды на фильтрацию (Π_{ϕ}). Фильтрация воды из пруда происходит через тело плотины, в обход нее, под плотиной, через ложе пруда, и величина ее зависит от водопроницаемости и механического состава грунта, формы берегов.

$$V_{\phi}=0,6\cdot7500=4500 \text{ м}^3.$$

Потери воды за счет заиления (V_z) зависят от состояния водосбора, степени его распаханности и облесенности. При облесенном нераспаханном водосборе средний слой заиления (Π_z) равен 1,7 – 4,0 см в год, при распаханном водосборе заиление может достигать 20 – 22 см в год. Для уменьшения твердого стока и заиления прудов целесообразно оставлять нераспаханную (20 – 30 м) полосу вокруг пруда и проводить облесение берегов балки. Потери на заиление также рассчитывают по формуле (18):

$$V_z=0,04\cdot7500=300 \text{ м}^3.$$

Потери на льдообразование ($V_{\text{льд}}$) зависят от климатических факторов, обычно слой воды на льдообразование принимают равным 0,5 – 1,2 м и рассчитывают (по формуле 18) в том случае, если пруд проектируется для бытовых нужд и водопотребления.

$$V_{\text{льд}}=0,8\cdot7500=6000 \text{ м}^3.$$

Объемы потерь суммируют по формуле (16)

$$V_{\text{потерь}}=3750+4500+300+6000 = 14550 \text{ м}^3.$$

Общий полезный объем пруда складывается из мертвого и полезного объемов, объема потерь:

$$V_{\text{НПГ}} = V_{\text{мо}} + V_{\text{полезн}} + V_{\text{потерь}}=8382 + 29500 + 14550 = 52432 \text{ м}^3.$$

Найденный объем откладывается на топографической характеристике, уровень воды называют *нормальным подпорным горизонтом* (НПГ). Это высший подпорный уровень, который плотина может поддерживать в течение длительного времени при нормальной эксплуатации всех сооружений.

По графику определяют площадь зеркала воды на этом горизонте:

$$S_{\text{НПГ}} = 33052 \text{ м}^2.$$

Резервный (форсировочный) объем

В результате весеннего снеготаяния, выпадающих длительных ливней с водосборной площади в пруд может поступать большое количество воды. В этом случае объем притока будет превышать расход воды, и вода в пруду может подниматься над НПГ. Объем форсировки (резервный объем), располагающийся выше НПГ, служит для сохранения паводковых вод, пропускаемых через водосбросные сооружения. Наивысший горизонт при пропуске наибольшего весеннего паводка называют максимальным подпорным или *горизонтом высоких вод* (ГВВ).

Увеличение отметки ГВВ над НПГ повышает высоту, а, следовательно, стоимость сооружения плотины. Однако при этом снижается стоимость водосбросного сооружения (за счет уменьшения его размеров, рассчитываемых на меньший расход). Уменьшение сбросного расхода объясняется регулирующим влиянием пруда, так в пруду между НПГ и ГВВ временно задерживается часть объема паводка.

При объеме пруда ниже НПГ менее 30 тыс. м³ на форсировку целесообразно (экономически) добавлять до 0,5 м; при объеме 30 – 100 тыс. м³ – до 1,0 м; при объеме более 100 тыс. м³ – до 1,5 м.

Таким образом, полный объем пруда складывается из объема на НПГ и резервного объема.

$$V_{ГВВ} = V_{НПГ} + V_{фор}. \quad (19)$$

Установив на топографической характеристике уровень (горизонт) высоких вод определяют площадь и объем пруда

$$\begin{aligned} S_{ГВВ} &= 45000 \text{ м}^2; \\ V_{ГВВ} &= 90000 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛОТИНЫ

Выбор типа плотины

Тип земляной плотины выбирается в зависимости от наличия и качества местных грунтов, способов производства работ и залегания водоупора в месте устройства плотины. Как правило, в плотину укладывают грунт, вынутый при устройстве водосбросного канала.

В лесном и сельском хозяйстве наибольшее распространение получили плотины из однородных грунтов (рис. 10, 11, а), или с противифiltrационными устройствами (рис. 11, б, в, 12, а, б, в).

Для *однородной плотины* наиболее приемлемым грунтом считается средний и тяжелый суглинок. Чистая глина при насыщении водой набухает и оплывает, а при высыхании дает трещины, что приводит к разрушению тела плотины. Песчаные же грунты обладают высокой фильтрационной способностью. Проектируется однородная плотина на маловодопроницаемых (глинистых или суглинистых) грунтах толщиной не менее трех метров.

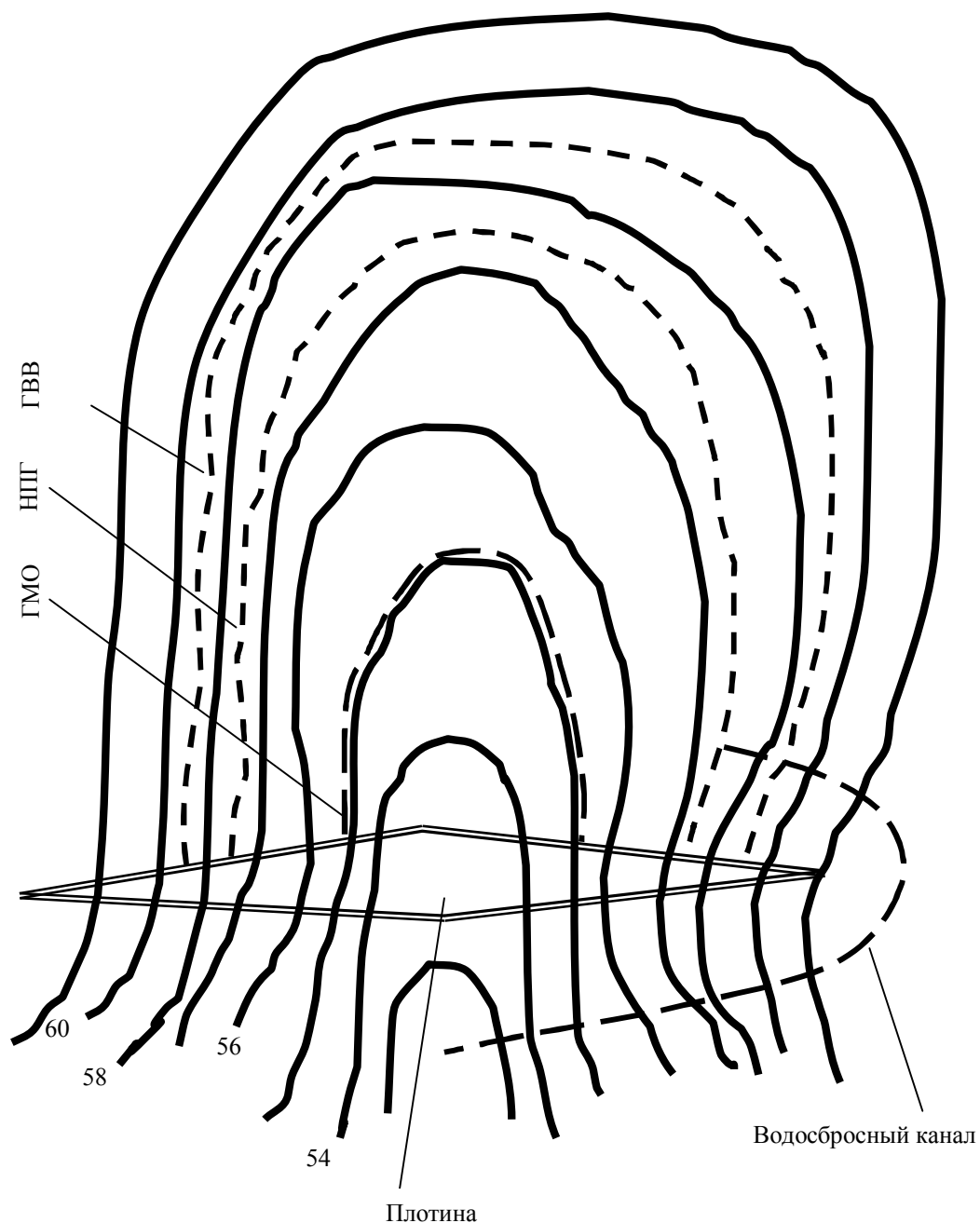


Рис. 10. Проект пруда и плотины

Фильтрующаяся вода является не только потерей прудовой воды, но она также выносит с собой мелкие частицы грунта из основания, ослабляя его и вызывая оседание низа плотины, образование в ней трещин, что в конечном итоге ведет к разрушению плотины.

В теле плотины противофильтрационные устройства устраивают в виде ядра или экрана. Под плотиной через водопроницаемое ее основание задерживают фильтрацию воды такие противофильтрационные устройства как замок, зуб со шпунтовым рядом, понур (см. рис. 11, 12).

Ядро – противофильтрационное устройство в виде насыпи внутри тела плотины из маловодопроницаемых грунтов (глина, тяжелый суглинок, см. рис. 11, б). Ядро проектируют для уменьшения фильтрации воды через тело плотины в том случае, если плотина возводится из водопроницаемых грунтов (песчаных, супесчаных, гравелистых). Ядро в форме трапеции располагается внутри плотины по всей ее длине.

Экран – противофильтрационное устройство, устраиваемое под верховым откосом из хорошо утрамбованной глины в том случае, если грунт плотины способен размываться (см. рис. 11, в). Со стороны пруда экран покрывается слоем гравия или песка. Гребень экрана располагается на уровне ГВВ.

Выбор противофильтрационного устройства под плотиной зависит от водопроницаемости грунтов балки в месте плотины и глубины залегания водоупорного горизонта.

Замок – противофильтрационное устройство, устраиваемое под плотиной для уменьшения фильтрации воды, если плотина устраивается на водопроницаемых грунтах, а водоупорный пласт начинается на глубине 3 м (см. рис. 12, а). Замок представляет собой траншею трапецеидальной формы, которая прокладывается под всей плотиной и врезается в водоупорный слой на 0,5 м. Траншея (замок) заполняется глинистыми или суглинистыми грунтами. Замок располагается под ядром, экраном или от начала гребня плотины.

Зуб со шпунтовым рядом – это противофильтрационное устройство под плотиной проектируется, если плотина возводится на водопроницаемых грунтах мощностью от 3 до 6 м (см. рис. 12, в). Выполняется зуб (траншея, выполненная аналогично замку) глубиной 1,5 – 2,0 м. В его дно забивается шпунтовый ряд из толстых бревен, брусьев или досок. Шпунт нижней частью врезается в водоупор на 1 м, верхняя его часть входит в зуб на 0,5 м.

Понур устраивается для усиления действия зуба и шпунта, если водоупорный пласт находится на глубине более 6 м (12, в). Понур представляет собой слой мятой глины, который укладывается на дно пруда вдоль подошвы верхнего откоса. Толщину понура принимают около $0,1h$ (h – наибольшая глубина воды перед плотиной, м) и располагают его в сторону пруда на расстоянии $5 - 8h$.

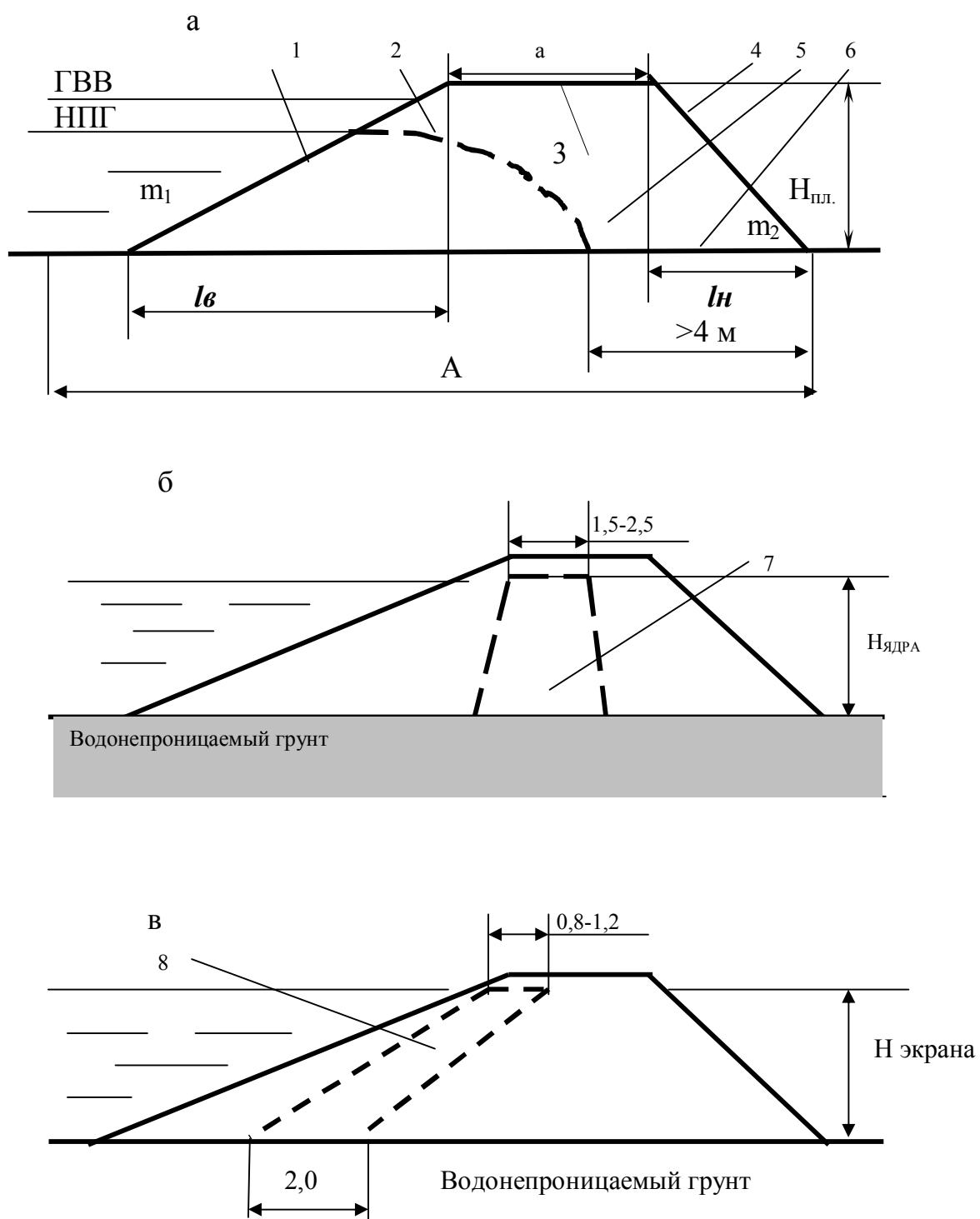


Рис. 11. Типы земляных насыпных плотин: а – из однородного грунта;

б – с ядром; в – с экраном:

- 1 – верховой (мокрый) откос, $m_1=2$; 2 – кривая депрессии; 3 – гребень;
 4 – низовой (сухой) откос, $m_2=1$; 5 – тело плотины; 6 – подошва; 7 – ядро;
 8 – экран

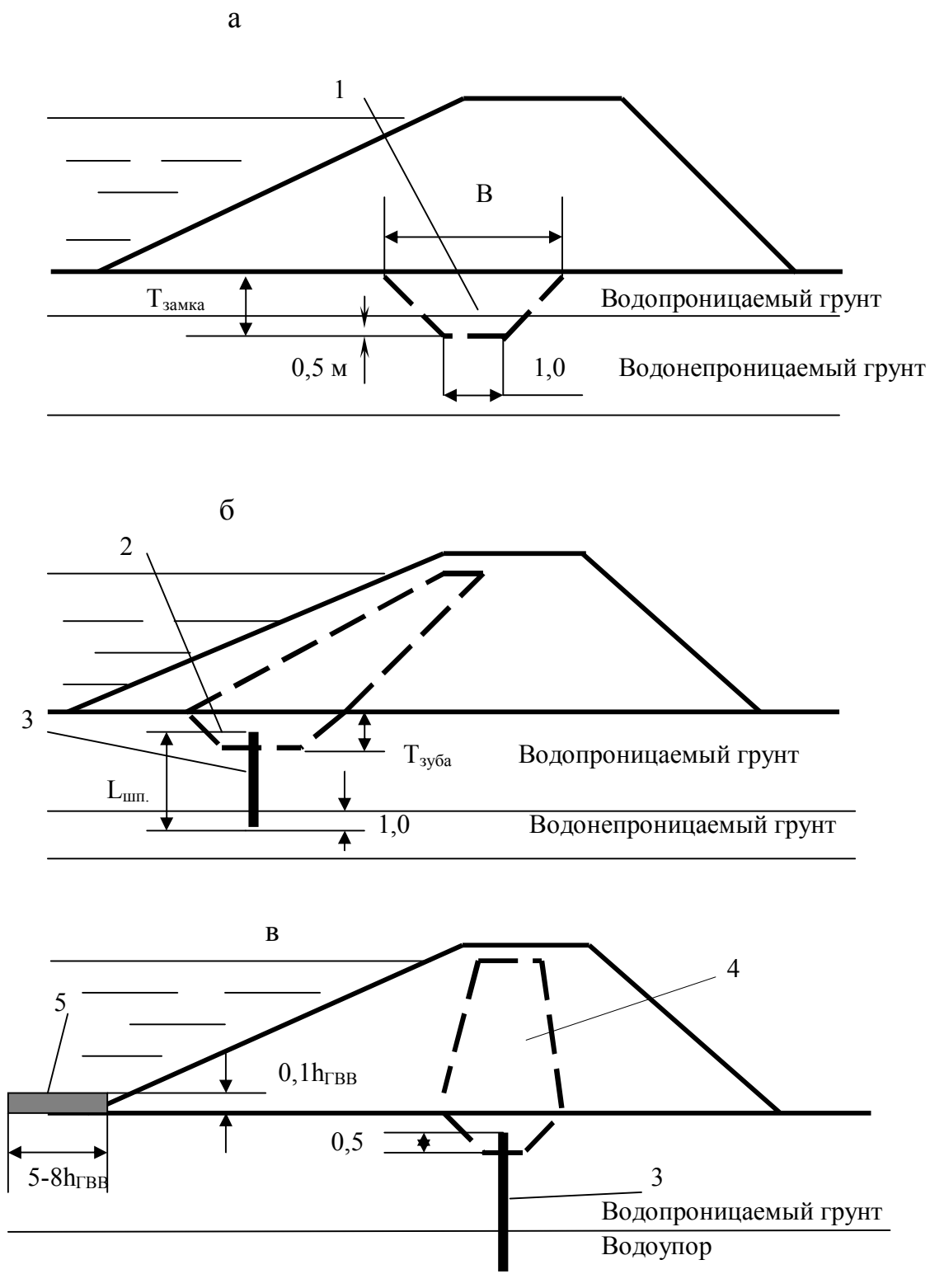


Рис. 12. Типы земляных плотин с противοфилътрационными устройствами под плотиной: а – однородная плотина с замком; б – плотина с экраном, зубом и шпунтовым рядом; в – плотина с ядром, зубом и шпунтовым рядом; 1 – замок; 2 – зуб; 3 – шпунтовый ряд; 4 – ядро; 5 – понур

Дренаж чаще проектируется в однородных плотинах для предотвращения выноса частиц грунта с фильтрующей водой. Дренаж устраивают со стороны сухого откоса путем насыпки слоями толщиной 15 – 20 см мелкого, затем крупного песка, далее укладывают слой щебня или гравия, затем мелких и средних камней. По периферии дренажа укладывают дренажные трубки. Ширина дренажного устройства принимается не менее 1 м, а высота не менее $1/4 - 1/5$ высоты плотины.

Высота плотины рассчитывается с учетом глубины пруда в самом глубоком месте у плотины ($h_{ГВВ}$), добавляется запас на осадку и запас на волнобой:

$$H_{пл} = h_{ГВВ} + h_{волн} + h_{ос}, \quad (20)$$

где $H_{пл}$ – высота плотины, м;

Глубина пруда определяется по топографической характеристике пруда (см. рис. 9) от дна пруда у плотины до горизонта высоких вод (ГВВ).

Гребень плотины должен быть выше ГВВ настолько, чтобы волны, поднятые ветром, не набегали на него. Запас на волнобой рассчитывается по формуле Е.А. Замарина:

$$h_{волн} = 0,7 + 0,1 Z = 0,7 + 0,1 \cdot 0,355 = 0,74 \text{ м}, \quad (21)$$

где Z – длина по оси пруда, км.

Длина по оси пруда определяется на плане балки с горизонталями от оси плотины до горизонтали уровня ГВВ:

$$H_{пл} = 5,4 + 0,74 + 0,1 \cdot 5,4 = 6,68 \approx 6,7 \text{ м}.$$

Крутизна откосов плотины характеризуется коэффициентом откоса. Коэффициент откоса – это отношение заложения откоса к высоте плотины или $\text{ctg}\alpha$.

$$m = \frac{l}{H_{пл}}. \quad (22)$$

Коэффициенты откосов зависят от вида грунта и высоты плотины. Мокрый или верховой откос делают более пологим, так как он испытывает давление воды и разрушающее действие волнобоя.

Ширина основания плотины рассчитывается по формуле с использованием выбранных параметров плотины.

$$A = a + H_{пл}(m_в + m_н), \quad (23)$$

где A – ширина основания плотины, м;

a – ширина гребня плотины, м;

$m_в$ – коэффициент верхового (мокрого) откоса;

$m_н$ – коэффициент низового (сухого) откоса;

$H_{пл}$ – высота плотины, м.

ПОСТРОЕНИЕ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ

Продольный и поперечный профили пруда

Продольный профиль пруда вычерчивается в горизонтальном 1:5000 и вертикальном 1:50 масштабах (рис. 13). Для построения профилей используется план балки (см. рис. 10). На чертеже указывается вертикальная шкала с отметками горизонталей. По горизонтальной шкале отмечают расстояния по оси пруда. Вычерчивается дно пруда, и отмечаются характерные уровни воды (ГМО, НПГ, ГВВ).

Поперечный профиль пруда вычерчивается также в горизонтальном 1:5000 и вертикальном 1:50 масштабах (рис. 14). Для этого по вертикальной оси откладывают отметки горизонталей до гребня плотины. На плане балки (см. рис. 10) замеряют расстояния между горизонталями по оси плотины и вычерчивают профиль пруда в створе плотины.

Поперечный профиль плотины

Поперечный профиль плотины является основным чертежом, отражающим конструкцию плотины. На нем указываются все параметры плотины и размеры противофильтрационных устройств, если они проектируются (см. рис. 11, 12). Чертеж выполняется в масштабе 1:100 (1:200). На чертеже указывается вертикальная шкала с отметками высот, высота плотины, ширина плотины по гребню, отметки гребня и характерных горизонтов воды в пруду (ГМО, НПГ, ГВВ), глубина залегания водопора, ядро, экран, замок, зуб, шпунт, понур, дренаж (если они проектируются). При построении поперечного профиля отдельно для верхового и низового откосов рассчитывают заложение откосов, используя формулу (22). Пунктиром указывается контур плотины после осадки грунта.

Продольный профиль плотины

И продольный профиль плотины, и план плотины используются для разбивки плотины на местности. Он представляет собой вид насыпи сверху.

Масштаб принимается горизонтальный 1:1000, 1:2000 (для построения длины плотины), вертикальный 1:100, 1:200 (для построения ширины плотины).

Зная высоту плотины, определяют отметку гребня плотины (см. рис. 13, 14). На плане балки в горизонталях (см. рис. 10) по оси плотины отмечают ее концы согласно отметке гребня. Таким образом, уточняется длина плотины. Затем приступают к непосредственному вычерчиванию плана плотины (рис. 15).

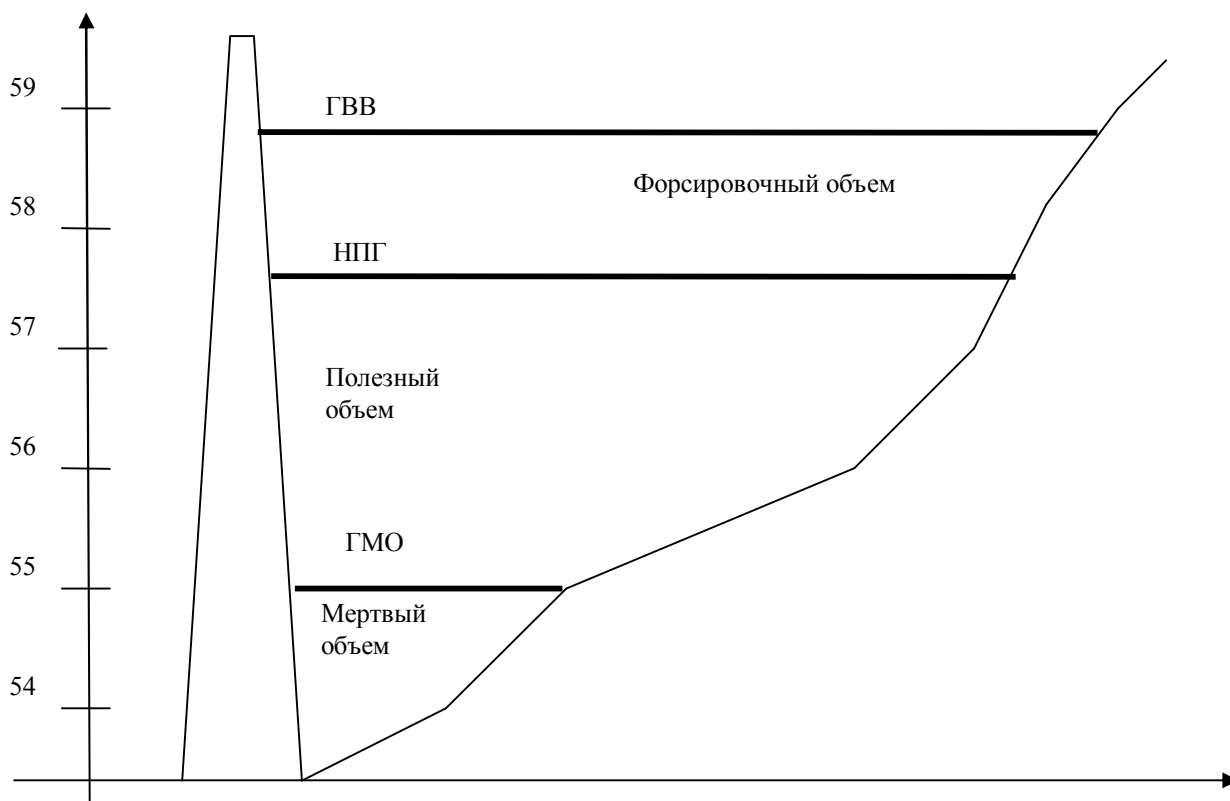


Рис. 13. Продольный профиль пруда

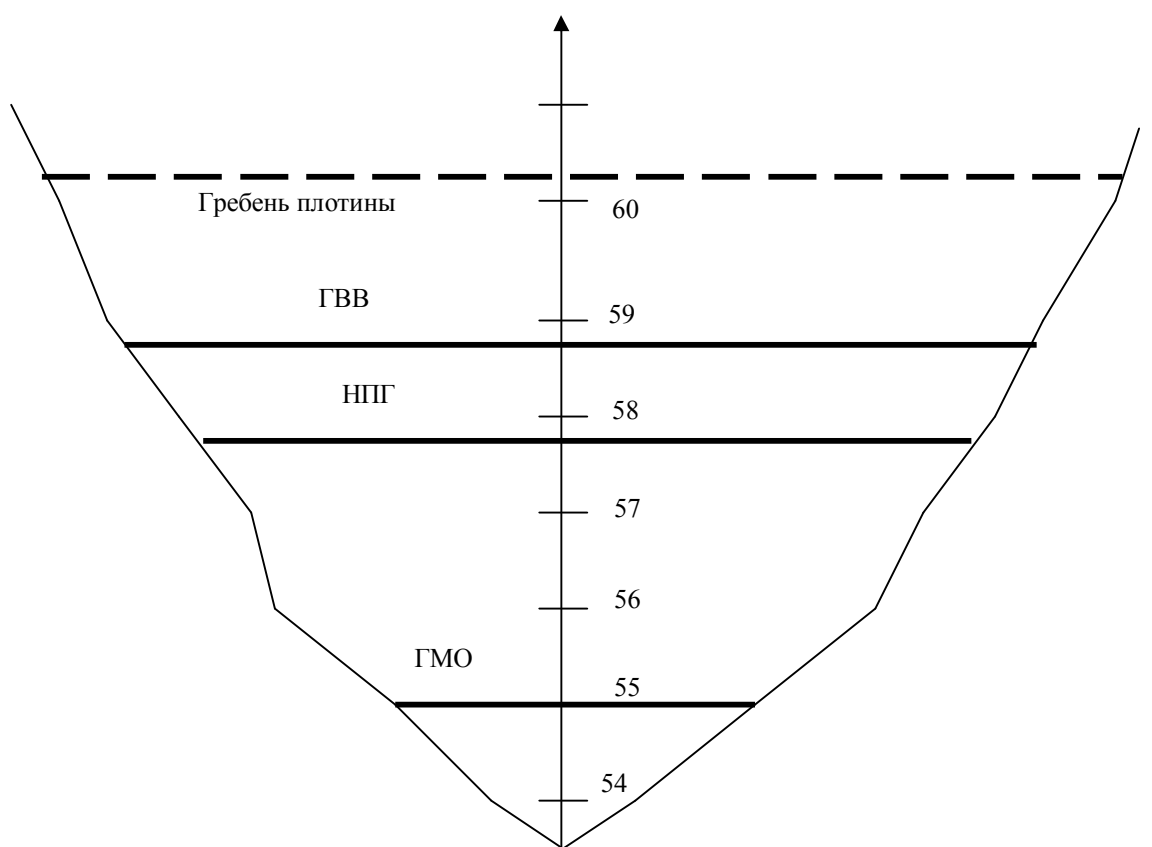


Рис. 14. Поперечный профиль пруда

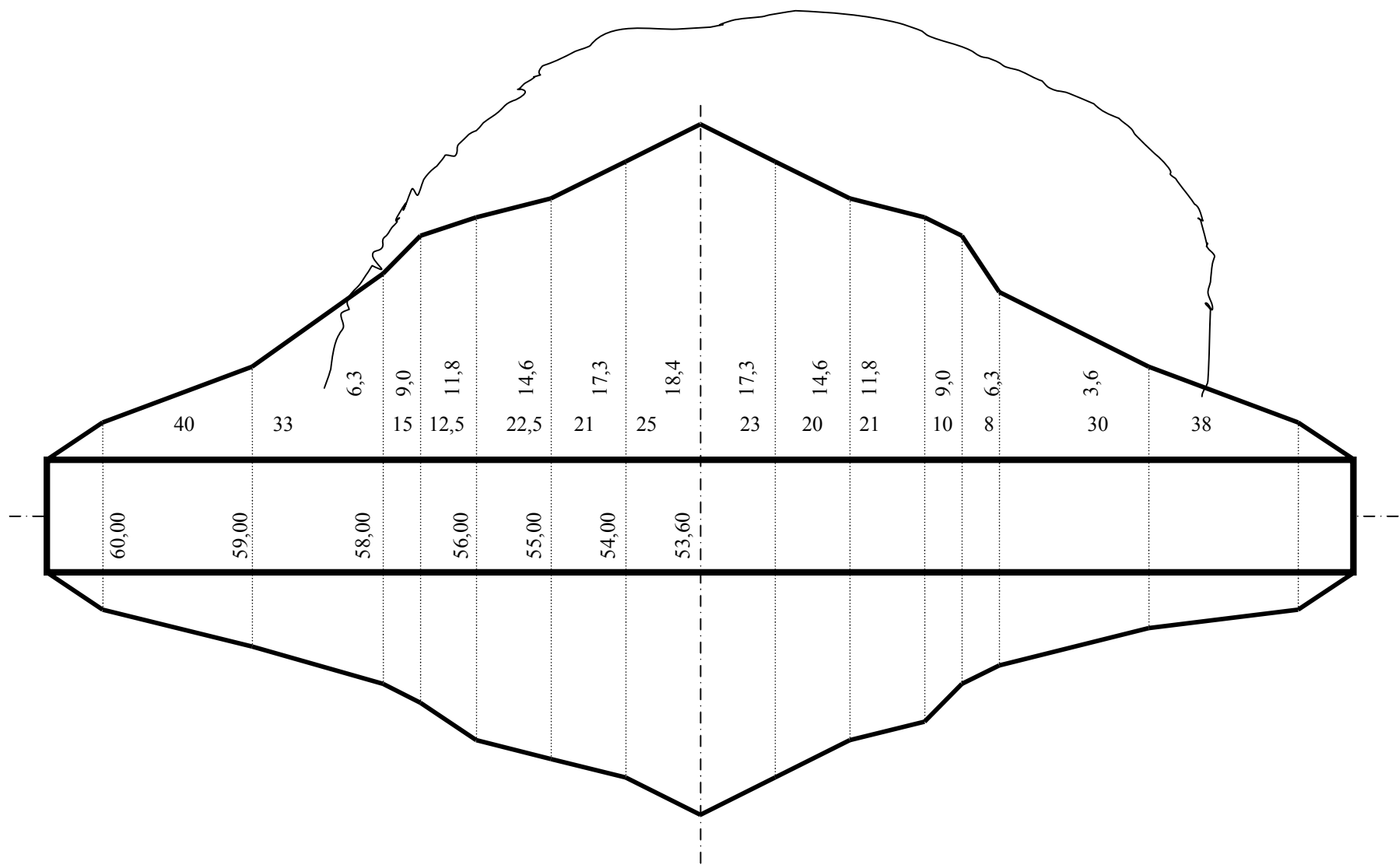


Рис. 15. Продольный план плотины. $M_{\text{верт.}} 1:250$, $M_{\text{гор.}} 1:2500$

Вначале проводится ось и отмечается длина плотины. Параллельно с обеих сторон намечают бровки гребня так, чтобы расстояние между бровками равнялось принятой ширине гребня плотины.

Подшвы откосов плотины, то есть линии пересечения плоскостей откосов плотины с поверхностью земли, строят следующим образом. С предыдущих чертежей (см. рис. 10, 13, 14) берутся расстояния между горизонталями и откладываются в масштабе по оси плотины. С этого же чертежа берется высота плотины на каждой горизонтали.

Умножением высоты плотины на коэффициент откоса (отдельно верховой и низовой) получают заложение откоса, которое откладывается от бровки гребня плотины перпендикулярно ее оси в месте пересечения с соответствующей горизонталью.

Концы заложений с обеих сторон плотины соединяют прямыми линиями и получают подшвы откосов в виде ломаной линии. Контур плотины (бровки гребня и подшвы откосов) вычерчиваются жирными линиями.

ЛИТЕРАТУРА

Бабилов, Б.В. Гидротехнические мелиорации [Текст] / Б.В. Бабилов. СПб.: изд-во Лань, 2005. 304 с.

Матвеева, М.А. Гидротехнические мелиорации лесных земель [Текст] / М.А. Матвеева, А.С. Чиндяев. Метод. указания к выполнению курсового проекта по осушению лесных земель для студентов ЛХФ. Екатеринбург: УГЛТУ, 2001. 48 с.

Матвеева, М.А. Гидромелиорация ландшафта [Текст] / М.А. Матвеева. Метод. указания к выполнению курсовой работы по проектированию плотинного пруда для студентов очной и заочной форм обучения. Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. 48 с.

Сабо, В.Д. Справочник гидролесомелиоратора [Текст] / В.Д. Сабо, Ю.Н. Иванов, Д.А. Шатилло // М.: Лесн. пром-сть, 1981а. 200 с.